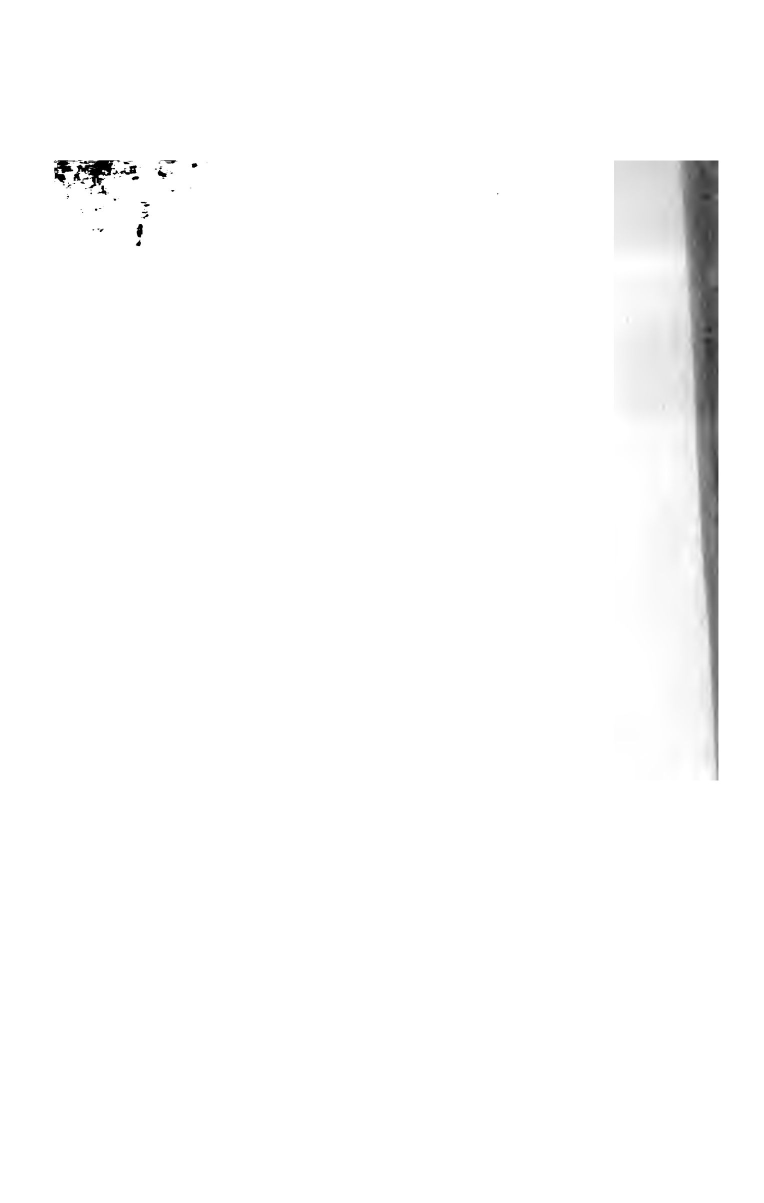


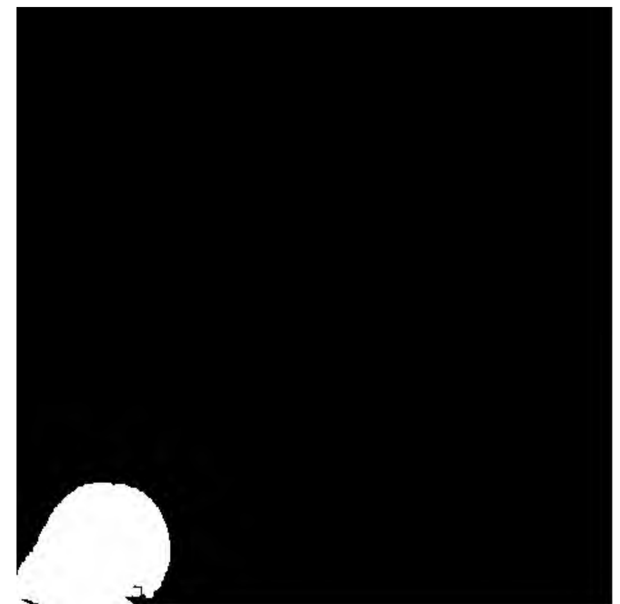






























Die
Grundsätze
nach
welchen alle Arten von Dampfmaschinen zu beurtheilen und zu erbauen sind.

Ein
populäres Hand- und Lehrbuch
für
Maschinenbaumeister, Fabrikbesitzer und Gewerbsschulen.

Erste und zweite Abtheilung,
enthaltend:
allgemeine und besondere Betrachtungen über die mechanische Kraft des Dampfes; Beschreibung verschiedener Arten und Formen von Dampfmaschinen, Berechnung der Kraft derselben ꝛc.

Von
G. J. Verdam,
ehemal. Professor der Mechanik u. Director der Schule zu Gravenhage.

Aus dem Holländischen übersetzt
von
Dr. Chr. H. Schmidt.

Zweite, ganz umgearbeitete und sehr vermehrte Auflage
bearbeitet von **Carl Hartmann.**

Mit 22 lithogr. Querfoliotafeln.

Weimar, 1848.
Druck, Verlag und Lithographie von B. Fr. Voigt.



Grundsätze
der angewandten
Werkzeugswissenschaft und Mechanik

oder

allgemeine Grundregeln, nach welchen alle Gattungen von Werkzeugen und Maschinen nach den Erfordernissen des practischen Betriebes zusammengesetzt und angewandt werden.

Ein

populäres Hand- und Lehrbuch

für

ausübende Maschinenbaumeister und Gewerbsschulen.

In vier Theilen.

Vierten Theiles

erste und zweite Abtheilung.

Lehre von den Dampfmaschinen,

enthaltend allgemeine und besondere Betrachtungen über die mechanische Kraft des Dampfes; Beschreibung verschiedener Arten und Formen von Dampfmaschinen, Berechnung der Kraft derselben 2c.

Von

G. J. Verdam,

vormal. Professor der Mechanik u. Director der Schule zu Gravenhage.

Aus dem Holländischen übersetzt

von

Dr. Chr. H. Schmidt.

Zweite von **Carl Hartmann** umgearbeitete Auflage

Mit 22 lithogr. Querfoliotafeln.

Weimar, 1848.

Druck, Verlag und Lithographie von B. Fr. Voigt.

Die
Grundsätze
nach
welchen alle Arten von Dampfmaschinen zu beurtheilen und zu erbauen sind.

Ein
populäres Hand- und Lehrbuch
für
Maschinenbaumeister, Fabrikbesitzer und Gewerbsschulen.

Erste und zweite Abtheilung,
enthaltend:
allgemeine und besondere Betrachtungen über die mechanische Kraft des Dampfes; Beschreibung verschiedener Arten und Formen von Dampfmaschinen, Berechnung der Kraft derselben rc.

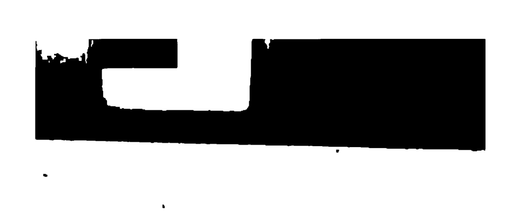
Von
G. J. Verdam,
[illegible] Professor der Mechanik u. Director der Schule zu Gravenhage.

Aus dem Holländischen übersetzt
von
Dr. Chr. H. Schmidt.

Zweite, ganz umgearbeitete und sehr vermehrte Auflage
bearbeitet von **Carl Hartmann.**

Mit 22 lithogr. Querfoliotafeln.

Weimar, 1848.
Druck, Verlag und Lithographie von B. Fr. Voigt.



Vorrede
des Verfassers.

So, wie die angewandte Mechanik bei dem gegenwärtigen Zustande der Wissenschaft erlernt werden muß, giebt es für denjenigen, welcher sich damit beschäftigt, sicherlich kein Studium, durch welches die von ihm aufgefaßten Grundsätze besser bestätigt und in ihrem richtigen Umfange vor seinen Geist hingestellt werden, als das Studium der Dampfmaschine. Selbst wenn die Mechanik, als ein Zweig menschlicher Kenntniß betrachtet, nur als Wissenschaft erlernt wird, so wird doch die Betrachtung der Dampfmaschinen eine merkliche Ausbreitung des Wissensbereiches, sowie eine Erhöhung des früheren Standpunctes zur Folge haben.

Der Nutzen dieses Studiums wird jedoch noch größer, wenn man die Mechanik nicht sowohl als Wissenschaft, sondern vielmehr als Kunst betreibt, um durch dieselbe wesentlicheren Antheil an der gesellschaftlichen Betriebsamkeit zu nehmen. Denn in

diesem practischen Sinne ist man genöthigt, eine Maschine bis in ihre kleinsten Einzelnheiten zu betrachten, sich so zu sagen an die Stelle des Erfinders zu setzen, seine Wahl von Combinationen und von Stoffen, seine Dimensionen der Theile u. s. w. zu beurtheilen — und dann giebt es außer der Dampfmaschine keine Maschine, welche eine größere Menge und Mannichfaltigkeit der Fälle darbietet, um den größten Theil der Grundsätze der Mechanik anzuwenden und sich mit Dem bekannt zu machen, was man Praxis zu nennen pflegt.

Aber es verhält sich auch — wenn diese Vergleichung einigermaßen bestehen kann — mit der Betrachtung der Einrichtung und der Zusammensetzung der Dampfmaschine in gewisser Hinsicht ebenso, wie mit den Folgen, welche aus einer ausgebreitetern Anwendung und höchst genauen Verfertigung der genannten Maschine für die bessere Ausführung vieler mechanischen und fabrikartigen Arbeiten hervorgegangen sind. Denn die ausgebreitetere Anwendung war die Folge von besserer Einrichtung und richtigerer Ausführung, wodurch man veranlaßt, angespornt, ja genöthigt wurde, die Bearbeitung einer Menge Stoffe, besonders der Metalle, auf eine weit vollkommnere Weise auszuführen. Dabei wurde man unmerklich auf die wichtigen Verbesserungen und Verbreitungen mechanischer Vorrichtungen gebracht, die seit dem vergangenen Jahrhunderte zur Vermehrung des allgemeinen Volksfleißes so viel beigetragen haben. Eben so führt nun das Studium der Einrichtung und Zusammensetzung der Dampfmaschinen zur Betrachtung verschiedener besonderer Handwerke, Künste, oder mechanischer Bearbeitungen von Stoffen, durch welche man auch unmerkbar auf eine Höhe gestellt wird,

wo man wissenschaftliche Grundsätze in größerem Umfange anwenden, die Einrichtung, die Zusammensetzung und die innere Beschaffenheit der meisten anderen Maschinen besser begreifen und auf diese Weise seine Kenntnisse gar sehr vermehren kann.

Dieses vermag das Studium der Dampfmaschine, welche in der unübersehbaren Reihe der vielerlei Maschinen wohl den ersten, jedoch immer nur einen einzigen Platz einnimmt und uns zwar den höchst wichtigen Dienst, andere Maschinen zu treiben, leistet, welche wir jedoch, ohne andere Maschinen, nie würden benutzen können, um Lasten fortzubewegen, verschiedene Stoffe zu bereiten, zu bearbeiten und umzuformen, oder andere mechanische Effecte hervorzubringen. Und wenn auch die Wasserräder, oder die Windmühlen, gleich der Dampfmaschine, häufig als Bewegung erzeugende Maschinen eben so viel Nutzen bringen, so kann man jedoch wegen der Einfachheit dieser Maschinen und wegen der Bestimmtheit der Formen und Einrichtungen, unter welchen sie vorkommen, durch die Betrachtung derselben keineswegs den practischen Ueberblick erlangen, noch die allgemeinen Gesichtspuncte auffassen, noch die Veranlassung zu nothwendigen Untersuchungen von vielerlei Art finden, wie dieses bei dem Studium der Dampfmaschine der Fall ist.

Dieses Studium erfordert zu gleicher Zeit die Besichtigung und Untersuchung der Dampfmaschinen und die Lectüre von Schriften, in welchen die Einrichtung derselben beschrieben ist und die Grundsätze ihrer Wirkung und Zusammensetzung entwickelt sind.

Für das letztere Bedürfniß wird diese Schrift über die Dampfmaschinen den werkthätigen Freunden der Kunst dargeboten. Aus der Erfahrung und dem Urtheile Anderer will der Verfasser entnehmen, ob durch sie der eben erwähnte Zweck auf eine entsprechende Weise erreicht werden kann. Und diese Aeußerung geschieht hier nicht als Vorredeformular, oder aus geziemender Demuth, sondern aus der Ueberzeugung, wie schwierig es sei, einem Werke dieser Art die Erfordernisse eines brauchbaren Lehr- und Handbuches zu verleihen.

Wenn indessen die Grundsätze und Regeln für die Einrichtung und Zusammensetzung von Dampfmaschinen auf einer eben so sicheren Basis ruhten, als die Wahrheiten der Mathematik, oder als die Grundsätze der reinen Mechanik, so würde die Ausarbeitung eines practischen Werkes über diese Maschinen keine sehr schwierige Sache sein, sobald man sich für diesen Zweck nur einigermaßen auf die Höhe der Wissenschaft zu stellen verstanden hätte. Oder wenn man auf dem festen Lande Europa's von der Einrichtung der Dampfmaschine jetzt nicht mehr wüßte, als vor 25 oder 30 Jahren (damals kannte man sie meistentheils unter dem Namen der Feuermaschine), so würde eine Nachahmung des einen oder des anderen ausländischen luftigen Werkchens Genüge leisten können.

Aber es fehlt noch viel daran, daß die Resultate der Untersuchungen über die Einrichtung, die Form und die Dimension der Theile einer Dampfmaschine unveränderlich festgestellt sein und bereits alle die Regeln an die Hand gegeben haben sollten, die man in jedem besonderen Falle unfehlbar anwen-

kann. Da nun unsere Kenntnisse in diesem
reff so unsicher oder unvollständig sind, so läßt
noch nicht gut ein practisches Werk über diesen
enstand erwarten, in welchem der Verfasser nicht
rmals an der allgemeinen Anwendbarkeit der
getragenen Grundsätze zweifeln muß, oder in wel-
n er nicht häufig genöthigt ist, seine Untersuchun-
, in Ermangelung eigener oder fremder Erfah-
g, abzubrechen, so daß dann auch sein Werk kei-
wegs enthält, was man dem Titel nach erwar-
dürfte.

Es giebt bereits viele Werke über die Dampf-
chinen. Die meisten derselben enthalten Beschrei-
gen von Dampfmaschinen, oder geben geschicht-
Entwickelungen — doch häufig auch nicht viel
r, als Namenverzeichnisse — verschiedener ver-
rter Einrichtungen und Formen mancher Theile
r Maschinen. Für das Wissenschaftliche haben
leichen Werke denselben Nutzen.

Unter anderen Werken giebt es, so viel dem
fasser der gegenwärtigen Schrift bekannt ist, nur
i (nämlich die Werke Farey's und Tred-
d's), in welchen besondere Rücksicht genommen
den ist auf die Angabe, oder auf die Prüfung
Regeln, die man in der Praxis bei'm Baue der
mpfmaschinen und bei der Bestimmung der Größe
r Theile befolgt oder befolgen muß. Solche An-
en und Prüfungen der Regeln, wie auch Be-
heilungen des mehr oder weniger Guten der For-
n und Einrichtungen der Bestandtheile einer Ma-
ne u. s. w. erlangt man in der Ausübung der
nst oder Wissenschaft. Und darauf muß in einem
ctischen Lehr- und Handbuche ganz besondere
cksicht genommen werden. Aber hinsichtlich der

genauen Bestimmung dieser Regeln lassen sowohl die Theorie, als auch die Praxis noch viel zu wünschen übrig.

Farey's Werk, welches den Titel führt: **a Treatise on the Steam engine, historical, practical and descriptive**, enthält zum größten Theil eine treue Erzählung der Erfindungen, sowohl des unsterblichen James Watt, als seiner Vorgänger, ferner deutliche und ausführliche Beschreibungen der Einrichtung, der Leistung und der Steuerung vieler Dampfmaschinen von niederem Drucke und verschiedenem Caliber, die zu verschiedenen Zwecken dienen, und sowohl nach Watt's System, als nach demjenigen anderer berühmter Erbauer von Dampfmaschinen eingerichtet sind. Man findet darin einige practische Angaben und Regeln für die Ausführung dieser Maschinen entwickelt; und die Anwendung dieser Regeln mittelst des Rechnenstabes mit Auszug (sliding rule, engl.) ist umständlich erklärt. Das Werk hat einen großen Werth, ist aber nur zur Hälfte vollendet.

Tredgold hat in seinem Werke: **the Steam engine, comprising an account of its invention and progressive improvements etc. etc.** (von welchem Werke auch eine französische Uebersetzung erschienen ist), auf eine sehr compendiöse Weise alles zusammengestellt, was man in einem theoretischen, beschreibenden und practischen Werke über Dampfmaschinen nur verlangen kann. Aber dieses in anderen Hinsichten gehaltreiche Werk verliert viel von seinem Werthe durch viele verkehrte Sätze und sogar falsche Resultate von Betrachtungen und Berechnungen, die in demselben als wahr und für die Praxis auglich, oder hinlänglich genau vorkommen. In

den Händen solcher Maschinenbauer, die nur Regeln ausführen können, aber nicht im Stande sind, das Fehlerhafte von Theorien (die in dem genannten Werke sehr undeutlich entwickelt oder aufgestellt sind) zu erforschen, kann dieses Werk die Veranlassung sein, daß große Fehler begangen werden *).

Als ein nicht ganz unnützes Werk für das Studium der Dampfmaschinen kann man auch noch den zweiten Theil von Christian's Mécanique Industrielle anführen, obschon aus der Betrachtung der erläuternden Figuren, die zu dem genannten Theile gehören, mehr zu lernen ist, als aus dem weitläuftigen und manchmal zweifelhaften Texte.

Um von dem Inhalte der besten Werke über die Dampfmaschinen einen Begriff zu geben, und um bemerkbar zu machen, daß ein, sowohl für den Unterricht, als für die practische Benutzung in aller Hinsicht taugliches Werk im eigentlichen Sinne bis jetzt noch nicht vorhanden war, hat der Verfasser des gegenwärtigen Werkes hier eine kurze Erläuterung des Fehlerhaften oder des Unvollständigen der oben genannten Werke gegeben. Damit beabsichtigt er indessen keinesweges, sich den Schein zu geben, als ob die Früchte seiner eignen Arbeit reifer seien. Er fühlt zu sehr die Schwierigkeit oder Unmöglichkeit, in der erwähnten Angelegenheit das gewünschte Ziel zu erreichen; und obschon er darnach gestrebt hat, die in anderen Schriften bestehenden Lücken auszufüllen, oder die Fehler zu vermeiden, die er in diesen Schriften

*) Das Werk ist vor etwa 12 Jahren, sowohl im Original, als auch in der franz. Uebersetzung, neu aufgelegt worden. H.

Für das letztere Bedürfniß wird diese Schrift über die Dampfmaschinen den werkthätigen Freunden der Kunst dargeboten. Aus der Erfahrung und dem Urtheile Anderer will der Verfasser entnehmen, ob durch sie der eben erwähnte Zweck auf eine entsprechende Weise erreicht werden kann. Und diese Aeußerung geschieht hier nicht als Vorredeformular, oder aus geziemender Demuth, sondern aus der Ueberzeugung, wie schwierig es sei, einem Werke dieser Art die Erfordernisse eines brauchbaren Lehr- und Handbuches zu verleihen.

Wenn indessen die Grundsätze und Regeln für die Einrichtung und Zusammensetzung von Dampfmaschinen auf einer eben so sicheren Basis ruhten, als die Wahrheiten der Mathematik, oder als die Grundsätze der reinen Mechanik, so würde die Ausarbeitung eines practischen Werkes über diese Maschinen keine sehr schwierige Sache sein, sobald man sich für diesen Zweck nur einigermaßen auf die Höhe der Wissenschaft zu stellen verstanden hätte. Oder wenn man auf dem festen Lande Europa's von der Einrichtung der Dampfmaschine jetzt nicht mehr wüßte, als vor 25 oder 30 Jahren (damals kannte man sie meistentheils unter dem Namen der Feuermaschine), so würde eine Nachahmung des einen oder des anderen ausländischen luftigen Werkchens Genüge leisten können.

Aber es fehlt noch viel daran, daß die Resultate der Untersuchungen über die Einrichtung, die Form und die Dimension der Theile einer Dampfmaschine unveränderlich festgestellt sein und bereits alle die Regeln an die Hand gegeben haben sollten, die man in jedem besonderen Falle unfehlbar anwen-

Die zwei erwähnten Abtheilungen treten jetzt in einem Bande vereinigt an's Licht.

Die dritte Abtheilung, für die Praxis die wichtigste, soll den angewandten Theil ausmachen und wird hauptsächlich enthalten besondere Erklärungen und Beurtheilungen der verschiedenen Formen und des besonderen Dienstes aller Theile der Dampfmaschinen, wie auch die Aufsuchung der wahrscheinlichen Regeln, die man anwendet, oder anwenden kann und darf bei dem Baue dieser Maschinen und bei'm Bestimmen der Dimensionen ihrer Bestandtheile.

Es gehören zu diesen zwei Abtheilungen 12 Foliotafeln mit erläuternden Figuren.

Puncte, dessen man bedarf, um die Gesetze der Thätigkeit des menschlichen Geistes und des Gebrauches der Vernunft zu erforschen. So findet denn selbst der Philosoph hier eins der schönsten und treffendsten Beispiele, um die Folgesätze seiner Theorien zu begründen, oder Anderen begreiflich zu machen.

Nützlich ist auch in diesem Sinne der Unterricht in der Geschichte der Dampfmaschine für den Mechaniker, so bald sie nur nicht wie in einem Schulbuche behandelt, oder als eine Chronik vorgetragen, oder so, wie in vielen Schriften, gleichsam als das A B C der Dampfmaschinenlehre im Buche vorausgeschickt wird.

In dem gegenwärtigen Zustande der Kunst studirt man diese Geschichte am Besten zur Erholung, nachdem man sich zuvor mit der Maschine bekannt gemacht hat, wie sie jetzt unter vielerlei Formen besteht; man lernt dann auch besser den hervorstechenden Scharfsinn in der ersten Erfindung und den wesentlichen Werth der gemachten Fortschritte schätzen.

Vorrede
zur zweiten Auflage.

Nachdem die erste Auflage des vorliegenden Bandes von Verdam's großem Werke über Maschinenlehre vergriffen worden war, wandte sich der Hr. Verleger an den Hrn. Verfasser, um von demselben das erforderliche Material zu Verbesserungen der vorliegenden Uebersetzung zu erlangen; Hr. Prof. Verdam lehnte aber den Antrag aus mehrfachem und hauptsächlich aus dem Grunde ab, daß er jetzt keine Muße dazu habe.

Es verdient jedoch aus seinem, in dieser Beziehung an den Hrn. Verleger addressirten Brief in französischer Sprache, d. d. Leyden, den 25. August 1844, Folgendes bemerkt zu werden: „Die Beantwortung Ihres Briefes ist mir gewissermaßen peinlich, denn eines Theils fühle ich mich durch Ihren Antrag, mein Werk neu zu bearbeiten, sehr geehrt, und würde Ihrer Aufforderung sofort zu genügen suchen, wenn meine jetzige Stellung nicht eine ganz andere, als früher, wäre, und ich sehe mich daher genöthigt, Ihren Antrag

ablehnen zu müssen. So wie Sie ganz richtig bemerken, sind die Veränderungen und Verbesserungen der Dampfmaschinen, namentlich als Transportmittel angewendet, so bedeutend, daß ein vor 8 bis 10 Jahren erschienenes Werk nicht allein größtentheils umgearbeitet, sondern auch bedeutend erweitert werden müßte. Auch ist es richtig, daß der Verfasser eines solchen Werkes diese Arbeit am Besten auszuführen vermag; allein er muß sich alsdann auch in der dazu nöthigen Stellung befinden, er muß Zeit haben, und diese mangelt mir."

„Bis zum Jahre 1839 hatte ich keine bestimmten Geschäfte, ich lehrte im Haag das Maschinenwesen; ich beschäftigte mich mit Entwürfen, wenn man solche verlangte; die Regierung verwendete mich zur Beaufsichtigung der Dampfmaschinen und zur Inspection der Fabriken; allein die Art und Weise, wie dieß geschah, und die darauf zu verwendende Zeit hingen gänzlich von mir ab; ich war im Stande, Zeit zu finden und dieß kostbare Element nach meinem Belieben zu verwenden. Und wie würde ich denn auch im Stande gewesen sein, ein so bedeutendes Werk herauszugeben, zu welchem ich so viele Tafeln zeichnen mußte, und wie wäre ich sonst im Stande gewesen, noch ein anderes bedeutendes Werk, ein Journal über die Fortschritte der National-Industrie, herausgeben zu können?"

„Das Jahr 1839 veränderte Alles; zum Professor der Mathematik an der Universität Leyden ernannt, erhielt ich so viele und so ganz andere Arbeiten, daß ich meine Beschäftigung mit den Gewerben ganz aufgeben mußte, und so habe ich denn seit dem Jahre 1841 keine Seite über Maschinenwesen geschrieben, und ich mußte sogar die Regierung bitten, mich mit allen Aufträgen in dieser Beziehung verschonen zu wollen. Vergebens ersucht mich der

Verleger des Originals von diesem Werke um die Vollendung desselben, denn der fünfte, von der Kraft des Wassers und Windes handelnde Theil, fehlt noch *). Die wenige mir bleibende Zeit muß ich auf das Studium der Mathematik und ihrer Fortschritte verwenden." Hr. Professor Verdam giebt nun in seinem Briefe noch manche Winke über die neue Bearbeitung dieses Werkes und ist der Meinung, daß dessen Uebersetzer wohl im Stande sein würde, die neue Auflage bearbeiten zu können.

Hr. Dr. Ch. H. Schmidt hierselbst mußte die Bearbeitung der neuen Auflage aus dem Grunde verweigern, weil er sich neuerlich zu wenig mit den ungeheuren Fortschritten des Maschinenwesens beschäftigt habe. Die 1. Auflage war vor 12 Jahren erschienen und das Original damals schon mehrere Jahre alt. Aus diesem Grunde ist daher die Bearbeitung dieser neuen Auflage keine geringe Aufgabe, wie auch der Unterzeichnete, dem sie von dem Hrn. Verleger übertragen wurde, recht wohl erkennt. Obgleich der Bearbeiter die Dampfmaschine, ihre Einrichtung und ihren Bau practisch genau kennt, obgleich er Gelegenheit gehabt hat, eine große Menge von sehr verschiedenartigen Dampfmaschinen zu sehen und näher zu studiren, obgleich er alle nur möglichen literarischen Hülfsmittel in den Händen hat, deren er schon zu der Redaction der bei dem Verleger dieses Werkes erscheinenden „Zeitung für Eisenbahnwesen, Dampfschifffahrt und Dampfmaschinenkunde" bedarf: so muß er doch die neue Bearbeitung eines, weder von ihm verfaßten, noch von ihm übersetzten Werkes für sehr schwierig erklären, und diesen Gesichtspunct bittet er bei Beurtheilung des Werkes berücksichtigen zu wollen.

---

*) Für die deutsche Ausgabe wird dieser Band demnächst von mir geliefert werden. Hartmann.

Die Hülfsmittel, die der Unterzeichnete benutzte, geben zugleich eine Uebersicht der wichtigern neuern Werke über Dampfmaschinen, zur Ergänzung dessen, was Hr. Verdam in seiner Vorrede darüber gesagt hat.

Das wichtigste und größte Werk über Dampfmaschinen, welches neuerlich erschienen ist, ging von einem Verein von Ingenieuren und Maschinenbauern in London, dem Artizan-Club, aus und wurde vom Mai 1844 bis Juni 1846 unter dem Titel:

„A Treatise on the Steam-Engine",

unter dem besonderen Schutze der Königin, in monatlichen Lieferungen herausgegeben, und ist von sehr vielen Abbildungen, theils dem Texte eingedruckten Holzschnitten, theils Stahlstichen, begleitet. Dieses gänzlich auf die Benutzung des Practikers berechnete Werk hat in England einen ungeheuren Erfolg gehabt.

Noch besser, als das englische Original, ist aber eine französische Bearbeitung, die seit der Mitte des Jahres 1846 zu Paris unter dem folgenden Titel erscheint und folgende Einrichtung hat:

„Traité sur les Machines à Vapeur".

Dieß Werk zerfällt in zwei große Abtheilungen: Die erste, von dem Ingenieur Bataille bearbeitet, ist zum großen Theil aus dem englischen Werke entlehnt worden; sie handelt von der Geschichte, Theorie, Beschreibung und Anwendung der Dampfmaschinen; sie bildet daher ein allgemeines Werk über Dampfmaschinenwesen. — Die zweite Abtheilung hat der Ingenieur C. E. Jullien, früher Director der Maschinenbauanstalt zu Creuzot, zum Verfasser, denn sie ist eine Originalarbeit und handelt von dem Bau der Dampfmaschinen; in derselben wird von den Baumaterialien, von den einzelnen Theilen, der Zusammensetzung, Aus-

führung und Veranschlagung aller Arten von Dampf-maschinen, von den kleinsten bis zu den größten, geredet. — Es ist bis jetzt noch nicht die Hälfte von dieser französischen Ausgabe des großen Werkes (150 Bogen gr. 4. und 70 Fr. kostend) erschienen, jedoch hat es der Unterzeichnete, nebst dem englischen Originale, bei der vorliegenden Arbeit vielfach benutzt.

Die übrigen neueren, hier hauptsächlich benutzten Dampfmaschinenwerke sind folgende:

Sammlung von Zeichnungen einiger ausgeführten Dampfkessel und Dampfmaschinen. Auf Veranlassung der königl. technischen Deputation für Gewerbe bearbeitet von W. Nottebohm. 2 Hefte und Planatlas. Berlin 1841.

Bernoulli, Handbuch der Dampfmaschinenlehre. 3. Aufl. Stuttgart u. Tübingen, 1847.

Schöll, der Führer des Maschinisten. Braunschweig, 1845.

Unter den technischen Zeitschriften benutzte ich hauptsächlich die oben erwähnte, von mir redigirte, welche bis jetzt in 12 Heften, seit dem Jahre 1844 alles Neue und Wichtige im Dampfmaschinenwesen mittheilt.

Es muß nun noch zuvörderst auf die übrigen Abtheilungen des vorliegenden Werkes verwiesen werden, wiewohl dieß im Texte wiederholt geschieht.

Die dritte Abtheilung handelt von den Dampfkesseln, den Oefen derselben, den verschiedenen Nebentheilen der Kessel, ihrer verschiedenartigen Einrichtung und ihren Dimensionen; die vierte Abtheilung beschäftigt sich mit dem Treibecylinder, dem Treibekolben, mit der Steuerung, dem Condensator, der Luftpumpe und den Wasserpumpen; die fünfte Abtheilung oder der Ergänzungsband endlich handelt von den verschiedenen Arten, die Bewegung der Dampfmaschinerie fortzupflanzen, über die Bewegung der

schiedenen Ventile, der Luftpumpe rc., über die Regulirung des Betriebes und über die Mittel zum Messen des Nutzeffectes der Dampfmaschinen, endlich von der Stärke der verschiedenen Dampfmaschinentheile, besonders der im Betriebe befindlichen.

Das Werk steht endlich im genauen Zusammenhange mit den anderen Theilen des „Neuen Schauplatzes“, in denen specielle Theile der Dampfmaschinenkunde besprochen worden sind, und die wir daher anführen und ganz besonders darauf verweisen müssen:

Janvier, über die zweckmäßigste Construction und Einrichtung der Dampfschiffe und der auf denselben anwendbaren Dampfmaschinen, nebst wichtigen practischen Fingerzeigen für Maschinisten, Heizer und alle bei'm Dienste der Dampfmaschinen angestellten Personen. Aus eigener, vielfältiger Erfahrung. Frei in's Deutsche übersetzt von Ch. H. Schmidt. 2. Aufl. 1841. (Band 98 des Schauplatzes.)

Flachat u. Petiet, Handbuch für Locomotivführer, enthaltend eine theoretisch-practische Anweisung über die Einrichtung, Behandlung und Führung der Locomotivdampfmaschinen. A. d. Französ. von Carl Hartmann. 2. Aufl. 1846. (Band 127 des Schauplatzes.)

Hartmann, Handbuch über den Bau, die Aufstellung, Feuerung, Abwartung und Conservirung der Dampfmaschinen. Nach Grouvelle, Jaunez und Jullien. 1847. (Band 158 u. 159 des Schauplatzes.)

Der Schauplatz enthält daher eben so vollständige als wichtige Werke über das Dampfmaschinenwesen.

Für das genaue Studium der Locomotiven ist noch besonders zu empfehlen:

Armengaud, das Eisenbahnwesen oder Abbildungen und Beschreibungen von den vorzüglichsten Dampf-, Munitions-, Transport- und Personen-

wagen, von Schienen, Stühlen ꝛc. A. d. Französ. von Hartmann. Bis jetzt 6 Hefte. Weimar, bei bei dem Verleger dieses Werkes, 1840 bis 1843. (Ein 7. Heft, die Beschreibung und die genauen Abbildungen der neuesten Locomotiven enthaltend, ist unter der Presse.)

Die Beschreibung und Abbildung der bei'm Bergbau und bei'm Hüttenwesen angewendeten Dampfmaschinen findet man in des Unterzeichneten deutschen Bearbeitungen von Combes Bergbaukunst (2 Bde.) und von Walter de St. Ange, Flachat, u. Petiet practischer Eisenhüttenkunde (4 Bde.), welche Werke beide ebenfalls bei'm Verleger dieses Buches erschienen sind.

Obgleich bei dieser neuen Auflage nur das durchaus Nöthige zugesetzt und vieles Veraltete weggelassen worden ist, so mußte sie doch um 6 Bogen und 9 Tafeln vermehrt werden.

Weimar, im September 1847.

Carl Hartmann.

Inhaltsverzeichniß.

**

Zweites Kapitel.

Zweite Abtheilung.

Erstes Kapitel.

Sei

Zweites Kapitel.

Drittes Kapitel.

Viertes Kapitel.

Fünftes Kapitel.

Sechstes Kapitel.

Siebentes Kapitel.

Achtes Kapitel.

Anhang.

Einleitung.

Die Dampfmaschine ist eine der wichtigsten Erfindungen; sie ist für die menschliche Gewerbsthätigkeit das, was die Buchdruckerkunst für unsere geistige Cultur, für die Beförderung der Wissenschaften und die Aufklärung geworden ist. Mit ihr beginnt eine neue Epoche nicht allein in der Mechanik, sondern in der Geschichte der ganzen Industrie.

Der Mensch erreichte schon sehr viel, als er es lernte, die beiden großen Naturkräfte, Wasser und Wind, zu seinem Nutzen gebrauchen zu können. Wind ist aber an gewisse Zeiten, Wasser an gewisse Orte gebunden, wogegen man mittelst der Dampfmaschine sich selbst Kraft zu schaffen vermag, wie und wo sie der Mensch bedarf. — Der Wind treibt Mühlen, er schwellt die Segel der Schiffe, allein es findet ein steter Wechsel seiner Richtung und seiner Stärke statt; auf lange Zeit verliert sich die Kraft oft ganz, und dann erreicht sie plötzlich wieder eine zerstörende Gewalt, deren der Mensch nicht Meister zu werden vermag. Das fließende Wasser läßt sich nur selten und mit großer Mühe hinleiten, wo es gebraucht werden

soll; noch weniger läßt sich die Geschwindigkeit oder die Masse ändern. Wir müssen die Kraft aufsuchen und nach ihr das Werk einrichten und beschränken, was sie betreiben soll.

Die Dampfmaschine dagegen bietet uns ein Mittel dar, an allen Orten, wo nur immer einiges Wasser und Brennstoffe vorhanden, oder hinzuschaffen sind, jede Kraft, so groß wie wir sie verlangen, und selbst zu erzeugen; eine Kraft, die anhaltend und fortdauernd ist, und wie sie die Industrie im weitesten Sinne des Wortes bedarf. Die Geschichte der Gewerbe ist auch die der Dampfmaschinen und umgekehrt; denn es erleidet gar keinen Zweifel, daß die Dampfmaschine auf die Entwickelung der Gewerbe, und zwar im weitesten Sinne des Wortes, den größten Einfluß gehabt habe.

Werfen wir zuvörderst einen flüchtigen Blick auf die Geschichte und die allmälige Verbreitung der Dampfmaschinen. Am Ende des 17. Jahrhunderts hatte man an mehreren Orten die Möglichkeit einer vortheilhaften Benutzung des Dampfes erkannt, jedoch gelang es dem practischen Sinne der Engländer zuerst, auf diese mehr theoretischen Folgerungen gestützt, eine Maschine zu erfinden und auszuführen. Jedoch dauerte es noch lange, ehe die Dampfmaschine eine allgemeine Verbreitung erlangte, denn der Maschinenbau war noch zu sehr in seiner Kindheit. Es geht bei allen Erfindungen so, sie werden lange vorher gemacht, ehe ihre eigentliche Anwendung erfolgt, indem immer erst eine gewisse Empfänglichkeit erwachen und das Bedürfniß rege werden muß. Dann stehen die anfänglichen Unvollkommenheiten und die daraus erfolgenden mangelhaften Erfolge einer schnellen Verbreitung der Erfindung entgegen.

Dies ist ganz besonders bei der Dampfmaschine der Fall. Die erste, welche Savary um's Jahr

e brachte, fand lange fast gar keine
ndung, indem sie nur in Gärten zu
erwerken diente. Später baute New=
ste Maschine zur Wasserhebung in
och war sie nur bei Steinkohlen=
wendbar, indem dort ihr bedeutender
rbrauch weniger in Anschlag kam.
fast 70 Jahre, ohne daß die Ma=
entliche Verbesserung erlangte. Da
der Watt auf, der sich mit seinem
oulton verband, und der Dampf=
esentliche, ganz andere Gestaltung gab,
ie nur nach und nach Eingang in den
lche größtentheils erst eine gänzliche
rleiden mußten, ehe der Dampf als
iebkraft angewendet werden konnte.
t auf alle damals möglichen Verbesse=
mpfmaschine Patente hatte und Eng=
e Land war, wo es damals Dampf=
(denn in Belgien, Frankreich und
den sie erst weit später Eingang); so
Concurrenz statt, und dies hielt die
Maschine hauptsächlich auf.
n die Gewerbe immer größere und
Vortheile von der Benutzung der
erlangten, so entstand desto mehr der
wunderbare Kraft auch auf den Han=
Transport von Gütern und auf den
anwenden zu können. Denn die
eit man es darin auch gebracht hatte,
von dem Winde abhängig, dessen Un=
d Launenhaftigkeit wir schon weiter
; und noch schlimmer stand es mit der
die gänzlich von der Bewegung des
und diese beförderte dieselbe nur stets
tung hin.

Der neuen Welt war die erste Benutzung der Dampfkraft zur Schifffahrt vorbehalten; im Jahre 1807 brachte der Amerikaner Fulton das erste Dampfboot zu Stande, und England sah das erste 1811. Auch die Schifffahrt erlitt durch die Dampfmaschinen eine gänzliche Umänderung, sowie es auch mit den Gewerben der Fall gewesen ist.

Noch neuer ist die Benutzung der Dampfkraft zur Bewegung von Fuhrwerken. Vor etwa 30 Jahren sah man zu Leeds, im nördlichen England, mobile Dampfmaschinen eine ganze Reihe von Kohlenwägen, auf dazu eingerichteten Eisenbahnen, ziehen; zum Personentransport wurden sie aber erst 12 Jahre später angewendet, und die ungeheuern Fortschritte, die das Eisenbahnwesen mit Locomotivförderung neuerlich gemacht hat, datirt sich erst von der Eröffnung der Liverpool-Manchester-Eisenbahn im Jahre 1830. Als der Bearbeiter dieser Auflage des vorliegenden Werkes vor 25 Jahren in seiner deutschen Bearbeitung des großen berg- und hüttenmännischen Werkes von Villefosse, die Locomotive den „Triumphwagen des menschlichen Verstandes" nannte, da er bei'm Anblicke des ersten so unvollkommenen Dampfwagens, in jugendlicher Begeisterung, die künftige Wichtigkeit dieser Erfindung ahnete, wurde er ausgelacht; jetzt macht er mit diesem Triumphwagen Nachmittags Spazierfahrten von 5 bis 6 deutschen Meilen!

Nachdem Watt der Dampfmaschine ihre eigentliche Stellung ertheilt hatte, wetteiferten die besten mechanischen Köpfe dahin, neue Verbesserungen und neue Systeme zu ersinnen. Watt erhielt im Jahre 1769 das sechste Patent, und bis zum Schlusse des vorigen Jahrhunderts wurden etwa 30 Patente ertheilt; in den ersten 30 Jahren des gegenwärtigen Jahrhunderts belief sich aber die Anzahl dieser Patente

[...] Dampfmaschinen bereits auf 200. Die meisten dieser Patente rühren von Engländern her.

Mögen auch viele von diesen Patenten mehr oder weniger werthlos sein, so sind doch durch dieses Streben außerordentlich bedeutende Verbesserungen gemacht worden, wie sich schon aus der allmäligen Erhöhung des öconomischen Effectes der Dampfmaschine ergiebt. Die Maschine von Savary hob mit einem Bushel Steinkohlen, oder mit 90 Pfund, nur 2- bis 3,000,000 Pfund Wasser 1 Fuß hoch; die Maschine von Newcomen hob 8- bis 9,000,000 Pfund. Die besten Maschinen von Watt und Boulton hoben 24- bis 30,000,000. Die Woolf'schen an 50,000,000 und jetzt steigt die Wirkung mancher Cornwalliser Maschinen über 90,000,000 Pfund.

Bis zum Ende des vorigen Jahrhunderts war der Gebrauch der Dampfmaschinen fast gänzlich auf England beschränkt, und es war überdies die Ausfuhr derselben verboten. Außer England fand man selbst noch im Anfange dieses Jahrhunderts nur sehr wenige Dampfmaschinen, und diese wenigen waren sogenannte atmosphärische. Die erste Watt'sche Maschine kam in den 90er Jahren nach Nantes in Frankreich. Fast gleichzeitig wurde sie auch in Belgien angewendet. Die erste Watt'sche Maschine in Deutschland wurde bei Hettstädt im Mannsfeldischen zur Wasserhebung verwendet. Jedoch erst seit dem Frieden von 1814 wurde die Verbreitung der Dampfmaschine allgemeiner, und seit dieser Zeit hat sie sich von Jahr zu Jahr mit der fortschreitenden Vereinfachung und Vervollkommnung immer mehr und mehr ausgedehnt.

Diese wenigen Andeutungen mögen genügen, um die vielartigen Folgen zu bezeichnen, welche die Erfindung der Dampfmaschinen bereits hatte, und die bei ihrer fortschreitenden Ausbreitung und Vervollkommnung für den Culturzustand der Menschheit noch

zu erwarten sind. Mit vollem Rechte ist dieselbe
eine der wichtigsten und einflußreichsten Erfindun
anzusehen. Das nähere Studium der Dampfmasch
ist aber nicht allein von sehr großer Wichtigkeit, s
dern auch von großem allgemeinen Interesse für d
menschlichen Verstand; und wir behaupten mit F
und Recht, daß eine Kenntniß dieser Maschine j
ebenso gut zur allgemeinen Bildung gehört, als
Kenntniß der todten Sprachen!

Erste Abtheilung.

Theoretische Betrachtungen über Verbrennung, Wärme und deren Wirkungen, sowie über die Eigenschaften und die Wirkungen des Dampfes.

Erstes Capitel.

Allgemeine Betrachtungen über die Verbrennung und die Wärme.

---

1) Der Verbrennungsproceß.

Es ist hier nur von dem gewöhnlichen Verbrennungsprocesse, womit wir uns Wärme zu verschiedener Anwendung erzeugen, die Rede. Zu dieser Verbrennung gehören zwei Körper: ein die Verbrennung einleitender und ein dieselbe unterhaltender, die sich mit einander während des Actes der Verbrennung chemisch verbinden; die Verbrennung ist daher ein chemischer Proceß; die durch sie neugebildeten Producte nennt man die **Verbrennungsproducte**.

Die Körper, welche die Verbrennung erleiden, nennt man **Brennstoffe**, **Brennmaterialien**, und wir unterscheiden davon:

a) **rohe Brennstoffe**, wie sie uns die Natur unmittelbar liefert, als **Holz**, **Torf**, **Braunkohle** und **Schwarzkohle**; dann

b) **verkohlte Brennstoffe**, durch den Verkohlungsproceß aus den ersteren gewonnen, als: **Holz-** und **Torfkohle**, **Coaks** aus Braunkohlen und Schwarzkohlen.

Der die gewöhnliche Verbrennung unterhaltende Körper ist die atmosphärische Luft; sie wirkt verbrennend vermöge ihres Gehaltes an Sauerstoffgas. Dieses Sauerstoffgas ist es, welches sich bei dem Acte der Verbrennung mit dem brennbaren Körper verbindet und seine brennbaren Bestandtheile, die bei den rohen Brennstoffen hauptsächlich in Kohlenstoff und Wasserstoff bestehen, dadurch in kohlensaures Gas und Wasserdampf verwandelt, während die verkohlten Brennstoffe fast nur Kohlenstoff enthalten nnd demnach bei ihrer vollkommenen Verbrennung blos kohlensaures Gas liefern. Wasserdampf und kohlensaures Gas sind daher die Producte der vollkommenen Verbrennung der Brennstoffe; in den Verbrennungsproducten häuft sich die durch die Verbrennung erzeugte Wärme an; diesen Verbrennungsproducten muß sie daher entzogen werden, um sie benützen zu können.

Es ist für unsern Zweck wichtig, die Menge Wärme zu kennen, welche je ein Pfund der verschiedenen Brennstoffe bei ihrer Verbrennung liefert. Dies ist nun nach einem absoluten Maße nicht möglich, weil die Wärme sich weder wägen noch messen läßt; es ist aber nach einem vergleichsweisen Maßstabe möglich, wenn man die Wirkungen gleicher Gewichte der verschiedenen Brennstoffe vergleicht mit dem Gewichte einer Wassermenge, welche bei ihrer Verbrennung zu einer bestimmten Temperatur erhitzt wird.

Um hierfür zu brauchbaren Zahlenverhältnissen zu gelangen, ist man übereingekommen, jene Menge Wärme, welche nothwendig ist, je 1 Wiener Pfund Wasser um 1 Grad der Reaumur'schen Thermometerscala zu erwärmen, eine Reaumur'sche Wärme-Einheit (= W. E.) zu nennen. Wenn also 1 Pfd. Wasser von 10 auf 11° erhitzt worden, so ist ihm eine Wärmeeinheit, bei der Erhitzung bis 20° sind ihm aber 10 W. E. zugefügt worden. Ebenso würde

Pfd. Wasser bei der Erhitzung von 0 bis 80° R.
W. E. aufnehmen und enthalten. Wenn daher
Pfd. lufttrockenes Holz bei seiner vollkommenen
brennung 26 Pfd. Wasser von 0° bis 80° R.
Sieden) erhitzt, so sind dabei 26×80=2080
E. an freier Wärme entwickelt worden, und nur
Wärme in den Verbrennungsproducten unbenutzt
ren gegangen, welche zur Unterhaltung des Luft-
s unumgänglich nöthig war. Wenn anderntheils
einem Brennstoffe bekannt ist, daß 1 Pfd. des-
n 3200 W. E. zu liefern vermag, und 1 Pfd.
ser, um zum Sieden zu gelangen, davon 80 W.
ufnimmt, so wird man mit 1 Pfd. dieses Brenn-
s (Braunkohle) = $\frac{3200}{80}$° = 40 Pfd. Wasser
0° bis 80° R. erhitzen können. Man sieht, daß
Kenntniß der Wirksamkeit der verschiedenen Brenn-
für die Benutzung derselben zur Erzeugung von
me durch Verbrennung sehr wichtig ist. Man
sie in dieser Beziehung geprüft, indem man be-
mte, um welchen Temperaturbetrag eine gewogene
ssermenge bei der Verbrennung von je 1 Pfd.
r Brennstoffe zunimmt, und hierauf die Wirkung
iner sich daraus ergebenden Anzahl von Wärme-
eiten ausgedrückt. Die dazu gebrauchten und be-
ders dafür construirten Apparate nennt man Ca-
imeter. In Folgendem sind die dabei erhaltenen
ultate zusammengestellt: Es entwickeln bei der
brennung:

Pfd. lufttrockenes Holz mit 25 pCt.
Wassergehalt . . . . 2080 W. E.
Dies ist der Zustand, in wel-
chem das Holz gewöhnlich ver-
brannt wird. Nasses Holz ent-
wickelt bei der Verbrennung viel
weniger Wärme. Zwischen den
verschiedenen Holzarten findet bei

	gleichem Gewichte kein bedeutender Unterschied Statt.	
1 Pfd.	vollkommen ausgetrocknetes (gedarrtes) Holz	2800 W. E.
1 „	Holzkohlen	5840 „ „
1 „	Steinkohlen (backende)	4800 „ „
1 „	Coaks mit 15 pCt. Asche	5200 „ „
1 „	lufttrockener Torf von guter Qualität	2400 „ „
1 „	Torfkohle mit 18 pCt. Asche	5120 „ „
1 „	Wasserstoffgas	19200 „ „
1 „	ölbildendes Gas	5260 „ „
1 „	gemeines Kohlenwasserstoffgas	5280 „ „
1 „	Kohlenoxydgas	1500 „ „
1 „	Kohlenstoff	6400 „ „
1 „	Baumöl	8000 „ „
1 „	Talg	6280 „ „
1 „	weißes Wachs	8000 „ „
1 „	Phosphor	6000 „ „
1 „	Terpenthinöl	3600 „ „
1 „	Weingeist von 35° Beaumé	4208 „ „
1 „	Weingeist von 42° Beaumé	4956 „ „

Die Wärmemengen zeigen sich dabei den bei der Verbrennung absorbirten Sauerstoffgasmengen proportional.

Schon aus der Betrachtung und Vergleichung dieser Zahlen ergeben sich eine Menge sehr schätzbarer Thatsachen.

Vorerst ergiebt sich aus der Betrachtung der Heizkraft des blos lufttrockenen und gedarrten Holzes, daß das letztere nicht mehr Wärme erzeugt, als das lufttrockene; denn 1 Pfd. gedarrtes Holz ist entstanden aus $1\frac{1}{3}$ Pfd. lufttrockenem, und dieses hätte bei der Verbrennung geliefert ein Wärmequantum von $= 2080 + \frac{2080}{3} = 2773$ W. E., während 1 Pfd. gedarrtes Holz davon 2800, mithin ein fast gleiches

Quantum liefert. Das Darren des Holzes ist daher für die gewöhnlichen Zwecke seiner Anwendung mit keinem ökonomischen Vortheile verbunden; es ist sogar noch mit einem besondern Brennstoffaufwande zur Bewirkung der Darrung verknüpft, und läßt sich nur da rechtfertigen, wo man beabsichtigt, zugleich eine möglichst hohe Temperatur (Wärmeintensität) zu erzeugen, welche es bei der Verbrennung in der That hervorbringt. Es wird nämlich bei seinem Zuschüren zugleich in die größte Menge gasförmiger, mit Flamme brennender Producte zersetzt und durch deren Verbrennung (Flammenfeuer) jene hohe Temperatur hervorgebracht.

Zweitens geht aus der Vergleichung dieser Zahlen hervor, daß durch die Verkohlung der rohen Brennstoffe immer mehr oder weniger ihrer Heizkraft in den entweichenden flüchtigen und brennbaren Verkohlungsproducten verloren geht. Dieser Verlust ist am größten bei der Verkohlung des Holzes, am kleinsten bei der Vercoakung der Steinkohlen.

Die Erfahrung im Großen lehrt nämlich, daß man bei der Holzverkohlung aus 100 Pfd. lufttrockenem Holze im günstigsten Falle nur 25 Pfd., gewöhnlich nur 20 Pfd., im Mittel daher 22½ Pfd. Holzkohlen erhält.

100 Pfd. Holz hätten nun verbrannt
eine Menge Wärme erzeugt von 208000 W. E.
22½ Pfd. Kohlen dagegen würden
à 5840 nur liefern . . . . . . 131400 „ „
Es findet mithin ein Verlust Statt von 76600
was von der ursprünglichen Heizkraft des Holzes nahe 37 pCt. beträgt.

Bei den Steinkohlen hängt dieser Verlust an Heizkraft durch Vercoakung vorzüglich von der Menge Coaks ab, welche sie liefern, und er ist um so größer,

je weniger Coaks die Steinkohlen zurücklassen. Wenn z. B. 100 Pfd. Steinkohlen 80 Pfd. Coaks liefern, so verhält sich die Heizkraft der Steinkohlen zu jener der daraus erzeugten Coaks = 4800 : 4160, und der Verlust an Heizkraft beträgt hier nur 13⅓ pCt. von jener der Steinkohlen. Wenn sie aber nur 60 pCt. Coaks liefern, so ist jenes Verhältniß = 4800 : 3120 und der Verlust macht nun 35 pCt. aus.

Aehnliche Verhältnisse zeigen sich auch bei dem Torf, welcher nahe 28 pCt. seines Gewichtes Kohle liefert. Hieraus folgt für die öconomische Benutzung der Brennstoffe die Regel, daß man die rohen Brennstoffe nur dann verkohlen solle, wenn die Verwendung dies durchaus fordert, und daß man, um jene Wärmeverluste wenigstens einigermaßen einzubringen, die bei der Verkohlung entwickelten flüchtigen Verkohlungsproducte, die in Theer, Holzessig und brennbaren Gasen bestehen, aufzufangen und zu benutzen habe. Theilweise und local wird hiervon schon Gebrauch gemacht, z. B. bei der Theerschwelerei, bei der Holzessigerzeugung, bei der Gasbeleuchtung; aber bei Weitem geschieht dies noch nicht so allgemein, als zu wünschen wäre, indem sich noch andere Verwendungen dieser Producte nachweisen lassen.

In'sbesondere muß man einen Unterschied machen zwischen Meilercoaks und Retortencoaks, welche letztere als Nebenproduct bei der Gasbeleuchtung erhalten werden. Letztere besitzen mehr Heizkraft, während erstere durch Verbrennung eines Theils ihres Kohlenstoffgehaltes bei dem Zutritte der atmosphärischen Luft einen Antheil derselben eingebüßt haben.

Den Vercoakungsproceß der Steinkohlen nannte man früher die Entschwefelung, weil man sich vorstellte, daß er nur die Hinwegschaffung jenes geringen Antheils von Schwefel zum Zwecke habe, der

icht; allein es ist dies nicht die Hauptsache bei
Processe, und weil man dasselbe, nämlich die
schwefelung der Steinkohlen, schon durch theilweise
kung erzielt, wodurch sogenannte Halbcoaks
nen werden, ohne den Verlust an Heizkraft der
kohlen dabei so sehr zu erhöhen, so ist für die
nliche Beheizung sowohl, als für andere Zwecke
wendung, die Erzeugung bloß von Halbcoaks
vortheilhafter.

Die größte Menge Wärme entwickelt bei der
nnung das reine Wasserstoffgas (dreimal mehr
Kohlenstoff) und darnach geben auch die gas-
en brennbaren Kohlenwasserstoffverbindungen,
gewöhnliche Flammenfeuer bilden, eine große
Wärme. Es folgt daraus die Regel: daß
die Verbrennung aller rohen Brennstoffe so zu
habe, daß sie dabei in die größte Menge gas-
r brennbarer Kohlenwasserstoffverbindungen (die
Kohlenwasserstoffgase) zersetzt werden, oder daß
in Rauch und Ruß, vielmehr in Flamme
n.

ie Erzeugung der entschwefelten Halbcoaks ist
s für die Beheizung der Locomotive mit Stein-

im Verhältniß ihrer Ausgiebigkeit als Brennstoff
zu theuer. Wässeriger oder schwächerer Weingeist
bei der Verbrennung weniger Wärme als stä
Weingeist; letzterer erzeugt bei der Verbrennung
gleich eine höhere Temperatur; sie verhalten sich
gerade wie lufttrockenes und gedarrtes Holz.
auf ist bei der Anwendung des Weingeistes als B
material ebenfalls Rücksicht zu nehmen.

Noch muß der sogenannten künstlichen B
stoffe gedacht werden, worüber neuerer Zeit w
Mehres verhandelt worden ist und wovon man
zum Theil unglaublich große Wirkungen versprochen
Man erinnere sich hierbei an das Carboleïn We
niakoffs. Es werden dadurch verschiedene br
bare Abfälle, wie Coaks-, Steinkohlen-, Braunko
und Holzkohlenklein, Sägespäne, gebrauchte Ge
lohe, Waldbaumnadeln, Torfabfälle, Oelkuchen
dergl. nutzbar gemacht. Ihre Wirkung als Br
stoff kann nur zwischen der des lufttrockenen Ho
und jener der Holzkohlen, je nach der Mengung
schiedenartiger der genannten Brennmaterialien, m
inne liegen, woraus sich ihr Brennwerth mit
stimmtheit beurtheilen läßt und ergiebt.

Endlich läßt sich nach den vorstehenden W
kungswerthen der Brennstoffe in Vergleichung
ihren Preisen auch berechnen, ob es vortheilhafter
diesen oder jenen Brennstoff vorzugsweise anzuwen
Die Haupt-Brennstoffe sind Holz und Steinkoh
ihre Heizkraft steht bei gleichem Gewichte zu eina
im Verhältnisse = 13 : 30. Wenn nun 100 P
Holz 24 kr. C. M. kosten, so würden 100 Pf
Steinkohlen einen Werth haben von 55 kr. C.
und wenn, wie bei uns, 100 Pfd. Steinkohlen
24 — 30 kr. C. M. kosten, so muß es allerdings
sehr vortheilhaft erscheinen, Steinkohlen statt Holz
Brennstoff anzuwenden. Da jedoch, wo das H

ohlfeiler ist und 100 Pfd. desselben nur etwa 11 l. C. M. kosten, wäre es bei obigen Steinkohlenpreisen einerlei, ob Holz oder Steinkohlen verwendet würden. Da, wo das Holz wohlfeil ist, sind aber uch die Steinkohlen wohlfeiler, und so dürfte sich r Satz aussprechen lassen, daß es allgemein vorheilhaft sei, Steinkohlen statt Holz als Brennstoff nzuwenden. Die Braunkohlen können mit $\frac{2}{3}$—$\frac{3}{4}$ r Brennkraft der Steinkohlen in Rechnung gebracht erden.

Die Feststellung dieser Zahlenverhältnisse ist für e practische Chemie sowohl, als für die Feuerungsunde in'sbesondere von großer Wichtigkeit. Sie behren uns über den Brennstoffaufwand, der zur Eritzung verschiedener Körper wirklich aufgewendet erden muß, so wie über jenen, welcher in der raxis wirklich aufgewendet wird, und lassen so Verleichungen zwischen beiden zu, woraus der, wegen Mängeln in der Feuerungs- und Erhitzungsanlage rforderliche Mehraufwand ersichtlich gemacht, dadurch ur Abhülfe aufgefordert, die Art der Abhülfe und Verbesserung und auch die äußerste Grenze des Aufwandes angezeigt wird, der man sich bei guten onstructionen und Verfahrungsweisen wird nähern önnen.

Haben wir so den Wirkungswerth der verschieenen Brennstoffe kennen gelernt, so handelt es sich eiter darum, zu erforschen, wie dieselben verbrannt erden müssen, um bei ihrer Verbrennung die größte Wirkung zu erzielen.

Hierbei muß man zwischen rohen und verkohlten Brennstoffen, dann zwischen Wärme-Quantität und Wärme-Intensität (Temperatur) unterscheiden. Es önnen zwei gleiche Quantitäten eines und desselben Brennstoffes so verbrannt werden, daß dabei ganz leiche Wärmemengen sich entwickeln; aber in dem

Trägheit der dabei betheiligten Arbeiter zum Opfer gebracht wird.

Der Brennstoff soll öfters zugeschürt, der Rost damit nicht zu hoch belegt und immer möglichst gleichförmig auf dem Roste ausgebreitet werden, wenn die größte Wirkung desselben erzielt werden soll.

Der Brennstoff muß auf einer Unterlage liegen, und diese muß durchbrochen sein, um der Bedingung zu genügen, daß die atmosphärische Luft das brennende Material an allen Puncten berühre und durchstreiche; unter jene Unterlage muß daher auch Luft treten können, sie muß demzufolge hohl liegen. Man nennt sie den Rost, welcher daher drei Zwecke zu erfüllen hat, und zwar:

1) dient er dem Brennmaterial als Unterlage;

2) gestattet er das Durchziehen der zur Unterhaltung der Verbrennung unumgänglich nöthigen atmosphärischen Luft; und

3) gestattet er durch seine Zwischenräume auch das Hindurchfallen der nach der Verbrennung zurückbleibenden Asche.

Daraus geht offenbar hervor, daß die Zwischenräume des Rostes eine gewisse Größe besitzen müssen, um dem 2. und 3. Puncte zu entsprechen. Man nennt diese Zwischenräume die freie Rostfläche, im Gegensatze zur ganzen Rostfläche, worunter die Querschnittsfläche der Oeffnungen sammt der Oberfläche der Stäbe, woraus der Rost gebildet ist, verstanden wird.

Diese beiden Größen üben einen sehr wichtigen Einfluß auf die Erfolge der Verbrennung aus. Auf der ganzen Rostfläche wird der Brennstoff ausgebreitet; sie bestimmt mithin vorzüglich die Menge des in der Verbrennung befindlichen Brennstoffes. Durch die freie Rostfläche strömt die das Feuer unterhaltende atmosphärische Luft demselben zu; sie bedingt daher

b die Menge des in einer gegebenen Zeit
n Brennstoffes. Da nun die Zwischen=
Rostfläche zu der Dicke der Roststäbe, mit=
zur ganzen Rostfläche in einem gewissen
se stehen müssen, so bedingen beide zusam=
ganze und die freie Rostfläche, die Intensität
das Feuer erzeugten Hitze. Hat man daher
Absicht, durch Flammenfeuer eine Hitze zu
wobei Roheisen schmilzt und gefrischt werden
Puddelöfen), so muß der Rost die dazu er=
größere ganze und freie Rostfläche erhalten.
feuer macht man die Zwischenräume der
etwas enger, als für Steinkohlenfeuer, weil
eine feine Asche liefert, die leicht durch die
ume hindurchfällt, während die meistens
teinkohlenasche den Rost theilweise verlegt
lb größere Zwischenräume verlangt. Es ist
der Ort, um für verschiedene specielle Fälle
sionen der Rostflächen, dann die Größe der
ume und Roststäbe anzugeben; hierüber
Belehrung in ausführlichern Werken über
enstand, namentlich in Peclet's Grund=
Feuerungskunde, deutsch von Hartmann,
1846 (Band 142 des Schauplatzes), und
tern Bearbeitung des Werkes von Grou=
d Jaunez über Dampfmaschinenwartung
58 des Schauplatzes). Nur in Kurzem
noch folgende allgemeine Regeln dafür an=
rden.
rst ist nothwendig zu wissen, was in einer
Zeit, z. B. in 1 Stunde, mit dem Feuer
werden soll, woraus sich nach Vorne die
s in dieser Zeit zu verbrennenden Brenn=
iebt. Hat man diese erkannt, wobei na=
f die stattfindenden Wärmeverluste Rücksicht
n ist, so findet man daraus die ganze

mehr man diese Berührungsfläche vergrößert, desto lebhafter, vollkommener und schneller erfolgt die Verbrennung, desto größer wird die hervorgebrachte Wärme-Intensität.

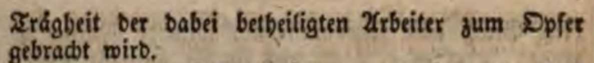
Wenn man die rohen Brennstoffe in großen Stücken der Verbrennung unterwirft, so brennen sie nur an ihrer Außenfläche; die Verbrennung dringt sehr langsam in das Innere derselben ein; sie erleiden aber im Innern durch steigende Erhitzung die Verkohlung, es entwickeln sich die gewöhnlichen brennbaren Verkohlungsproducte, welche aber über dem Feuer, wegen Abgang an unzersetzter atmosphärischer Luft, nicht mehr verbrennen können. Sie gehen in den Rauch über und entweichen damit unbenutzt, wodurch die Wirkung der Brennstoffe geschwächt wird.

Holz soll daher dünn gespalten, Torf zerkleinert oder in nicht zu großen Ziegeln angewendet, Steinkohlen und Braunkohlen sollen ebenfalls zerkleinert werden, ehe man sie zuschürt, weil sie dann nicht nur mit der atmosphärischen Luft in mehre Berührung kommen, sondern die Verbrennung auch rascher in das Innere dieser kleinern Stücke eindringt, dieselben weniger verkohlt, vollständiger verbrennt und dabei in die größte Menge brennbarer, gasförmiger, mit Flamme brennender Verbindungen zersetzt werden. Es bleibt auch weniger Kohle auf dem Roste zurück, und daß die zurückbleibende Kohle bei ihrer weitern Verbrennung jene Menge Wärme nicht mehr entwickelt, welche das Holz, woraus sie entstanden, bei seiner Verbrennung geliefert hätte, ist vorn bereits nachgewiesen worden. Die Verbrennung, namentlich des Holzes, soll daher auch so geleitet werden, daß möglichst wenig Kohle auf dem Roste zurückbleibt; und es ist deshalb unrecht, zu verlangen, daß nach der Verbrennung möglichst viel Kohlengluth auf dem Roste liegen bleiben solle, in der Voraussetzung, daß

diese Gluth eine sogenannte nachhaltende Wärme erzeuge; aber es geschieht dies immer nur auf Kosten der vollständigen Benutzung des Brennstoffes.

Nebst dem Obigen haben auch die Art und Weise der Bedienung des Feuers, sowie die Construction des Feuerraums Einfluß auf den Verbrennungsproceß und seine Erfolge.

Die Bedienung des Feuers anlangend, so soll von rohen Brennstoffen nicht zuviel auf einmal zugeschürt, der Rost damit nicht zu hoch belegt werden, weil dann die untern Schichten des Brennstoffes, zu welchen die atmosphärische Luft unmittelbar zutritt, zwar verbrennen, die obern aber, die nur mit schon zersetzter Luft in Berührung kommen, nur verkohlen, mehr in Rauch und Ruß aufgehen und dadurch den bereits oben bemerkten Verlust an Heizkraft herbeiführen. Dies streitet allerdings gegen die allgemeine Gewohnheit, indem man meistens recht viel auf ein Mal zuzuschüren pflegt, um sich das öftere Nachlegen zu ersparen; allein es ist dies Verfahren durchaus fehlerhaft und nachtheilig. Einen auffallenden Beleg hierzu liefern die Versuche, welche der k. würtemberg. Bauingenieur Herr Ludwig Klein, auf der München-Augsburger Bahn im Mai und Juni 1844, mit Torffeuerung bei Locomotiven anstellte. So lange nämlich zuviel Torf auf einmal zugeschürt wurde, konnte zu keinem brauchbaren Resultate gelangt werden und die Dampfspannung nahm immer mehr ab. Als aber der Rost nur niedrig, dagegen öfters mit Torf beschüttet wurde, so daß er nur 9 Zoll hoch darauf lag, waren die Ergebnisse vollkommen befriedigend. In der That wird ziemlich allgemein, außer bei Dampfkesseln, wo man einen eigenen Heizer hat und der Bedienung des Feuers mehr Aufmerksamkeit zuwendet, in der oben angezeigten Art gefehlt und dadurch sehr viel Brennstoff verschwendet, welcher der



Trägheit der dabei betheiligten Arbeiter zum Opfer gebracht wird.

Der Brennstoff soll öfters zugeschürt, der Rost damit nicht zu hoch belegt und immer möglichst gleichförmig auf dem Roste ausgebreitet werden, wenn die größte Wirkung desselben erzielt werden soll.

Der Brennstoff muß auf einer Unterlage liegen, und diese muß durchbrochen sein, um der Bedingung zu genügen, daß die atmosphärische Luft das brennende Material an allen Puncten berühre und durchstreiche; unter jene Unterlage muß daher auch Luft treten können, sie muß demzufolge hohl liegen. Man nennt sie den Rost, welcher daher drei Zwecke zu erfüllen hat, und zwar:

1) dient er dem Brennmaterial als Unterlage;

2) gestattet er das Durchziehen der zur Unterhaltung der Verbrennung unumgänglich nöthigen atmosphärischen Luft; und

3) gestattet er durch seine Zwischenräume auch das Hindurchfallen der nach der Verbrennung zurückbleibenden Asche.

Daraus geht offenbar hervor, daß die Zwischenräume des Rostes eine gewisse Größe besitzen müssen, um dem 2. und 3. Puncte zu entsprechen. Man nennt diese Zwischenräume die freie Rostfläche, im Gegensatze zur ganzen Rostfläche, worunter die Querschnittsfläche der Oeffnungen sammt der Oberfläche der Stäbe, woraus der Rost gebildet ist, verstanden wird.

Diese beiden Größen üben einen sehr wichtigen Einfluß auf die Erfolge der Verbrennung aus. Auf der ganzen Rostfläche wird der Brennstoff ausgebreitet; sie bestimmt mithin vorzüglich die Menge des in der Verbrennung befindlichen Brennstoffes. Durch die freie Rostfläche strömt die das Feuer unterhaltende atmosphärische Luft demselben zu; sie bedingt daher

nicht nur, daß dadurch von Außen Luft über das Feuer geführt wird, welche zur Verbrennung nicht gedient hat und mithin dem Feuer unnöthigerweise Wärme entzieht, sowie die Hitze erniedrigt, so wirkt sie auch zerstörend auf das durch das Feuer erhitzte Metall ein, es sei ein Kessel, Pfanne u. dgl., indem dieses an der Oberfläche oxydirt (verbrannt) wird und an seiner Festigkeit einbüßt.

2) Die Thüre des Aschenfalls soll während der Verbrennung immer offen sein, mehr oder weniger, je nachdem der Luftzug oder die Intensität des Feuers dies fordern, und sie soll ganz geschlossen werden, wenn man die Verbrennung plötzlich hemmen, das Feuer mäßigen oder überhaupt eine Erniedrigung der Temperatur bewirken will, wenn z. B. das Sieden zu heftig ist, oder die Dampfentwickelung gemäßigt werden soll.

3) Bei Heizöfen ist die Thüre des Aschenfalls auch dann zu schließen, wenn die Verbrennung beendigt und nur noch etwas Kohlengluth auf dem Roste liegen geblieben ist. In diesem Falle findet noch ein sehr langsames Verbrennen jener Kohlengluth statt, weil die Aschenthüre den Luftzug nicht hermetisch absperrt, wodurch der Ofen noch längere Zeit warm erhalten wird; aber die erwärmte Luft wird, wenn die Heizung aus dem Zimmer geschehen ist, in demselben erhalten, weil sie keinen weitern Abzug durch den Ofen mehr findet; oder wenn die Heizung von Außen geschieht, wird der Ofen durch die denselben durchziehende kalte Luft nicht vor der Zeit abgekühlt, wenn man die Aschenthüre recht zeitig schließt.

Zur fortwährenden oder zeitweiligen Unterhaltung des Feuers gehört aber auch ein ununterbrochener Zutritt der atmosphärischen Luft zu dem in der Verbrennung begriffenen Brennstoffe. Daß dies durch

Rostfläche, weil diese vorzugsweise die Schnelligkeit der Verbrennung bedingt, und hat man diese erfahren, so gelangt man dadurch auch unmittelbar zur Kenntniß der freien Rostfläche, wie die folgenden Beispiele zeigen werden.

Für Steinkohlenfeuerung gilt als Regel, daß der Rost nur 2 Zoll hoch mit Steinkohlen beschüttet und auf einmal wenigstens halb soviel Steinkohlen soll aufnehmen können, als in einer Stunde zu verbrennen sind. Die kleinste ganze Rostfläche wird daher in Quadratzollen gleich sein $\frac{1}{4}$ der in 1 Stunde zu verbrennenden Cubikzolle Steinkohlen. Ein Dampfkessel soll pr. Quadratfuß Feuerfläche stündlich liefern 6 Pfd. Dampf, und dazu wären nach der Qualität der verwendeten Steinkohlen für je 5 Pfd. Dampf 1 Pfd. Steinkohlen erforderlich, so macht dies einen Aufwand von $1\frac{1}{5}$ Pfd. Steinkohlen pr. Stunde und Quadratfuß Feuerfläche. Wenn nun 1 Pfd. zerkleinerte Steinkohlen 25 Cubikzoll Rauminhalt einnehmen, so besitzen $1\frac{1}{5}$ Pfd. Steinkohlen 30 Cubikzoll, und $1\frac{1}{4}$ davon = $7\frac{1}{2}$ Quadratzoll ist die dazu gehörige ganze Rostfläche. Für Steinkohlenfeuer giebt man der freien Rostfläche am Besten $\frac{1}{4}$ der ganzen, mithin hier für den Quadratfuß Siedefläche des Dampfkessels = fast 2 Quadratzoll. Für einen Dampfkessel von 60 Quadratfuß Siedefläche würde daher die ganze Rostfläche = 450 Quadratzoll und die freie Rostfläche = $112\frac{1}{2}$ Quadratzoll betragen müssen. Die erstere erhält man, wenn der Rost 20 Zoll breit und $22\frac{1}{2}$ Zoll lang gemacht wird. Den Roststäben kann man $\frac{3}{4}$ bis 1 Zoll, den Zwischenräumen $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{3}$ Zoll Breite geben. In diesem Falle zieht die zur verlangten Verbrennung der Steinkohlen erforderliche Menge Luft durch die freie Rostfläche hindurch.

1 Pfd. Holz erfordert weniger Luft zur Verbrennung, als 1 Pfd. Steinkohle, und zwar weniger, als die Hälfte, erzeugt aber auch in demselben Verhältnisse weniger Wärme. Man muß also in derselben Zeit mehr als zweimal soviel Holz verbrennen, um dieselbe Wirkung zu erzielen, als mit 1 Pfund Steinkohlen, es muß demnach mehr Holz auf dem Roste liegen, welches zudem bei gleichem Gewichte noch 2- bis 3mal mehr Raum einnimmt. Man macht also die ganze Roststäche um $\frac{1}{4}$ größer, als für Steinkohlen; im vorigen Verhältnisse = $9\frac{3}{8}$ Quadratzoll für jeden Quadratfuß Siedefläche.

Dagegen kann man die Zwischenräume im Ganzen um $\frac{3}{8}$ kleiner machen, weil das Holz und die Holzasche dieselben weniger verlegen. Dies macht pr. Quadratfuß Siedefläche des Kessels $2 \times 2 \times \frac{3}{8} = 1\frac{1}{4}$ Quadratzoll, und es verhält sich daher hier die freie zur ganzen Rostfläche $= 1\frac{1}{4} : 9\frac{3}{8}$ oder $= 10 : 75 = 1 : 7{,}5$. Wenn daher die Zwischenräume $\frac{1}{4}$ Zoll betragen, so können die Roststäbe $1\frac{5}{8}$ Zoll dick sein.

Torf, welcher sehr locker und voluminös ist, erfordert eine wenigstens ebenso große ganze Rostfläche wie Holz; und da er die Zwischenräume der Roststäbe mehr verlegt, $\frac{1}{4}$ der ganzen an freier Rostfläche, wornach sich die Größe der ganzen und freien Rostfläche für jede Größe des Siedegeräthes je nach seiner Siede- oder Feuerfläche leicht berechnen läßt.

Diese vorstehenden Verhältnisse haben keine absolute Gültigkeit, aber sie sind aus der Erfahrung entnommen und geben practisch brauchbare Anhaltspuncte.

Der Raum über dem Roste, in welchem die Verbrennung vorgenommen wird, heißt der Feuerraum; jener unter dem Roste, in welchen die Asche herabfällt, heißt der Aschenfall. Beide müssen

oft glühenden und deshalb sehr ausgedehnten Zustande befinden. Es strömt also ein mehrfach größeres Volumen von Gas und Dampf (Rauch) durch den Schornstein aus, als atmosphärische Luft durch die theilweise verlegte freie Rostfläche zur Unterhaltung des Feuers einströmt; dagegen steigt der heiße Rauch im Schornsteine viel schneller empor, als die Luft durch den Rost zutritt, wodurch jene Angabe, daß die Querschnittsfläche des Schornsteins der freien Rostfläche nahe gleich sein solle, ihre Begründung findet. Es ist immer besser, ihn etwas weiter als zu eng zu machen, weil sich ein weiter Schornstein durch einen Schieber sehr leicht verengen, ein zu enger aber nicht mehr erweitern läßt. Durch mäßige Verengung des Schornsteins nach Oben wird der Zug noch befördert. Dem Fuchse, d. i. jener Oeffnung, durch welche der Zug vom Feuerraum in den Schornstein vermittelt wird, giebt man eine kleinere Querschnittsfläche von 0,35 bis 0,50 von jener des Schornsteins oder der freien Rostfläche.

Diese Dimensionen erleiden aber bei den verschiedenen Feuerungen mannichfache Modificationen; namentlich finden sie gar keine Anwendung bei der gewöhnlichen Beheizung in Zimmeröfen, Kochheerden und selbst auch bei gewöhnlichen Kesselfeuerungen, weil die da hervorzubringende Temperatur nicht so hoch gesteigert wird.

Bei der gewöhnlichen Beheizung war vorgeschrieben, den Schornsteinen einen Querschnitt im Lichten von 18 Zoll im Gevierte, mithin von 324 Quadratzoll, zu geben, damit dieselben von den sie durchfahrenden Schornsteinfegern von angesetztem Ruße gereinigt werden können. In der That sind diese weiten Schornsteine dem Ansetzen des Rußes sehr günstig, weil sie demselben eine große kühle Fläche darbieten und der Rauch in dem weiten Schornstein

nicht nur, daß dadurch von Außen Luft über das Feuer geführt wird, welche zur Verbrennung nicht gedient hat und mithin dem Feuer unnöthigerweise Wärme entzieht, sowie die Hitze erniedrigt, so wirkt sie auch zerstörend auf das durch das Feuer erhitzte Metall ein, es sei ein Kessel, Pfanne u. dgl., indem dieses an der Oberfläche oxydirt (verbrannt) wird und an seiner Festigkeit einbüßt.

2) Die Thüre des Aschenfalls soll während der Verbrennung immer offen sein, mehr oder weniger, je nachdem der Luftzug oder die Intensität des Feuers dies fordern, und sie soll ganz geschlossen werden, wenn man die Verbrennung plötzlich hemmen, das Feuer mäßigen oder überhaupt eine Erniedrigung der Temperatur bewirken will, wenn z. B. das Sieden zu heftig ist, oder die Dampfentwickelung gemäßigt werden soll.

3) Bei Heizöfen ist die Thüre des Aschenfalls auch dann zu schließen, wenn die Verbrennung beendigt und nur noch etwas Kohlengluth auf dem Roste liegen geblieben ist. In diesem Falle findet noch ein sehr langsames Verbrennen jener Kohlengluth statt, weil die Aschenthüre den Luftzug nicht hermetisch absperrt, wodurch der Ofen noch längere Zeit warm erhalten wird; aber die erwärmte Luft wird, wenn die Heizung aus dem Zimmer geschehen ist, in demselben erhalten, weil sie keinen weitern Abzug durch den Ofen mehr findet; oder wenn die Heizung von Außen geschieht, wird der Ofen durch die denselben durchziehende kalte Luft nicht vor der Zeit abgekühlt, wenn man die Aschenthüre recht zeitig schließt.

Zur fortwährenden oder zeitweiligen Unterhaltung des Feuers gehört aber auch ein ununterbrochener Zutritt der atmosphärischen Luft zu dem in der Verbrennung begriffenen Brennstoffe. Daß dies durch

letztere ist leicht und locker, setzt sich vornehmlich in dem obern Theile der Schornsteine ab und besteht im Wesentlichen aus feiner Kohle. Wie entstehen diese zwei Rußarten bei der gewöhnlichen Verbrennung?

Die Verbrennung der Brennstoffe, besonders wenn sie naß, nicht gehörig zerkleinert sind und wenn zuviel davon auf einmal zugelegt wird, erfolgt immer mehr oder weniger unvollkommen. Ein Theil des Brennstoffes wird unmittelbar verbrannt, der andere Theil desselben aber wird vor seiner Verbrennung erst verkohlt, und es entwickeln sich die gewöhnlichen Producte der Verkohlung, welche mit dem Rauche in den Schornstein abziehen. Die vollkommene Verbrennung unserer Brennstoffe liefert als Verbrennungsproducte nichts Anderes, als: Wasserdampf, Kohlensäure und Stickgas, das letztere abgeschieden aus der zersetzten atmosphärischen Luft; diese enthalten und setzen keinen Ruß ab. Verkohlte Brennstoffe liefern ebenfalls keinen Ruß. Die unvollkommene Verbrennung oder vielmehr die dabei stattfindende theilweise Verkohlung liefert neben den obigen Producten noch Dampf von brenzlichem Oele (Theer) und bei Holzfeuerung von Holzessig. Dieser Theerdampf erleidet theilweise über dem Feuer durch die da vorhandene Glühhitze die Verkohlung, wie wenn derselbe durch eine glühende Röhre getrieben würde; es wird Kohle aus demselben in äußerst feiner, lockerer Form abgeschieden und von dem Zug im Ofen mit fortgeführt, zum Theil auch schon darin abgesetzt. Wie nun dieser Rauch in den weiten Schornstein austritt, so wird seine Bewegung in der großen Querschnittsfläche des Schornsteins plötzlich sehr verlangsamt. Der noch vorhandene Theerdampf condensirt sich an den kühlen Wänden des Schornsteins zu Glanz- oder Pechruß, die feine Kohle wird im Rauche nach Oben geführt und setzt sich in dem höhern Theile

des Schornsteins als Flatterruß ab. Was vom Theerdampf nicht verdichtet und vom Flatterruß nicht abgesetzt wird, entweicht im Rauche durch den Schornstein in die Atmosphäre, und ist Ursache der verschiedenen gelb- oder schwarz-grauen Färbung und Dichte des Rauches.

Diese unvollkommene Verbrennung der Brennstoffe bedingt je nach ihrem Grade auch eine geringere Wirksamkeit der Brennstoffe, welchem man durch die sogenannte Rauchverzehrung, die noch eine nachträgliche vollständige Verbrennung der brennbaren Gemengtheile des Rauches bezweckt, zu begegnen gesucht hat. Die Verbrennung der noch brennbaren Gemengtheile des Rauches ist immer eine mißliche Sache, weil dieselben schon mit einer großen Menge nicht brennbarer Gase und Dämpfe gemengt sind, und es ist wohl am Besten, wenn die Verbrennung so geleitet und die Beheizung so bedient wird, daß schon gleich ursprünglich die möglich vollständigste Verbrennung der Brennstoffe erfolgt, mithin in den Rauch wenig brennbare Verbindungen mehr übergehen.

Soll dennoch eine solche Rauchverbrennung statt finden, so lehrt die Erfahrung, daß

a) die dazu nöthige atm. Luft unmittelbar da dem Rauche zur Bewirkung der Verbrennung zuströmen muß, wo er die Flamme eben verlassen hat, mithin noch hinreichend heiß ist, und

b) daß diese Luft wo möglich erwärmt sein muß, wenn sie die beabsichtige Wirkung ausüben soll.

Es wurden mehre Vorrichtungen ausgedacht und angewendet, welche zu diesem Zwecke führen sollen, allein keine scheint ganz demselben zu entsprechen. Zweier solcher Mittel möge hier Erwähnung geschehen, und zwar:

1) Die Leitung der Flamme durch einen engen Schlauch, worin, wenn derselbe im Innern glühend

geworden ist, eine Rauchverzehrung Statt hat, wobei theils die noch unzersetzte atm. Luft, welche das Feuer durchzog, ohne zur Verbrennung gedient zu haben, mitwirkt, theils eine vollständige Verkohlung des im Rauche befindlichen Theerdampfes Statt findet. Aber an Wärme wird in dem letztern Falle nichts gewonnen.

2) Die Zuführung von warmer Luft in die Flamme, um die noch darin befindlichen brennbaren Gemengtheile zu verbrennen. Zu dem Ende werden unmittelbar hinter dem Feuerraume mehre gußeiserne Röhren von etwa 2 bis 3 Zoll lichtem Durchmesser neben einander so in das Gemäuer eingefügt, daß deren sich trichterförmig erweiternde untere Oeffnung über der Sohle des Aschenfalls zu liegen kommt, während die obere Mündung einige Zoll über dem Gemäuer hervorragt. Da nun dieser Theil des Mauerwerks, worin jene Röhren liegen, als zunächst am Feuer befindlich sehr heiß wird, so werden dadurch auch jene Luftdurchzugsröhren und in diesen die sie durchziehende Luft erwärmt, welche nun, indem sie unmittelbar in die darüber hinziehende Flamme ausströmt und, durch ihre höhere Temperatur unterstützt, zur vollständigern Verbrennung der brennbaren Gemengtheile der Flamme und des Rauches dienen kann, auch eine größere Menge Wärme hervorzubringen vermag. Bei ganz vollständiger Verbrennung sollen aber als Verbrennungsproducte bloß kohlensaures Gas, Wasserdampf und Stickgas durch den Schornstein mit einem Gehalte an Wärme entweichen, welcher zur Herstellung und Unterhaltung des erforderlichen Zuges nothwendig ist.

Noch einiger anderer Einrichtungen muß hier gedacht werden, welche neuerer Zeit zur Bewirkung vollständigerer Verbrennung in Vorschlag und theilweise Anwendung gekommen sind, und zwar:

) Der Anwendung doppelter Roste, wovon der
etwa 6 Zoll unterhalb des obern liegt, auf
n die Verbrennung vorgenommen wird. Wenn
keine Hemmung des Luftzuges herbeigeführt
nd bei dem Durchstreichen durch den untern
ten Rost eine Vorwärmung der zu dem Feuer
den Luft Statt findet, mag dabei eine bessere
ng — nämlich die Erzeugung einer höhern Tem-
bei der Verbrennung — bedingt werden.
) Der Anwenduug mechanischer Vorrichtungen,
welcher in bestimmten Zeiträumen ein regel-
vor sich gehendes Beschütten des Rostes mit
material (Nachlegen) bewirkt wird, ohne die
üre öffnen zu müssen. Das Letztere hat immer
bkühlung des erhitzten Kesselbodens zur Folge
schleunigt dessen Zerstörung vor der Zeit.
) Der Anwendung künstlicher Luftzuführung
Gebläse, gewöhnlich Ventilatoren, weil eine
Pressung der Luft dabei nicht beabsichtigt wird,
ns geschlossenen Feuerungen. Der Wind wird
den Rost geführt. Es soll sich dabei eine nam-
Ersparniß an Brennstoff herausstellen; dagegen
das Ventilatorgebläse einer eigenen Kraft zum
be.
) Einer eigenthümlichen Construction des Feuer-
, wobei der Rost sehr tief unter den Kesselboden
, der Feuerraum nach Oben verengt und in
Verengung von Außen frische atmosphärische
wärmte Luft zur vollkommenen Rauchverzehrung
itet, derselbe aber unterhalb des Kesselbodens
erweitert wird. Hierdurch erzielt man einen
n Luftzug, eine raschere, vollständigere Verbren-
, und als deren Folge die Erzeugung einer hö-
Temperatur, was wieder eine Brennstofferspa-
bedingt. Professor Siemens und Dr. Gall

haben diese Feuerungsconstruction vortheilhaft befunden und empfohlen.

Indem bis jetzt die wesentlichsten Momente besprochen wurden, welche auf den Verbrennungsproceß Einfluß nehmen, und die mit der Wissenschaft und Erfahrung im Einklange stehenden Grundsätze erörtert und festgestellt wurden, welche man dabei stets im Auge zu behalten hat, um bei der Verbrennung des Brennstoffes den möglichst größten Effect zu erzielen, d. h. die größte Menge Wärme, verbunden mit der höchsten Temperaturentwickelung, zu erzeugen, so soll weiter von den Mitteln gesprochen werden, diese frei gewordene Wärme zu verschiedenen technischen Zwecken zu benutzen, wobei die Erwärmung der Luft in geschlossenen Räumen, die Erhitzung von Flüssigkeiten und die Erhitzung von starren Körpern nach einander in Betrachtung gezogen werden sollen.

Allein von der erzeugten Wärme kann keine vortheilhafte Verwendung gemacht werden, ohne ihre Hauptwirkungen zu kennen; es wird daher nothwendig, dieselben hier in Absicht auf ihre Anwendung zu technischen Zwecken in Kürze durchzugehen. Diese Hauptwirkungen sind:

1) Die Mittheilung der Wärme;

2) die Ausdehnung der Körper durch Erwärmung;

3) die Veränderung der Aggregatsform derselben.

2) Die Hauptwirkungen der Wärme.

Die Mittheilung der Wärme.

Die Mittheilung der durch das Feuer hervorgebrachten Wärme an andere Körper, oder von einem Körper an den andern überhaupt, erfolgt auf zweierlei Weise, und zwar:

a) durch Wärmestrahlung und
b) durch Wärmeleitung.

Im Allgemeinen bemerken wir, daß alle Körper fähig sind, Wärme aufzunehmen und dadurch in den erwärmten Zustand versetzt zu werden. In dem Grade dieser Erwärmungsfähigkeit beobachten wir aber zwischen den verschiedenen Körpern einen bedeutenden Unterschied. Einige erwärmen sich schnell, andere langsam; erstere kühlen, nachdem die Zuführung der Wärme aufgehört hat, schnell, die letztern nur langsam wieder ab; sie halten daher die Wärme längere Zeit zurück. Diese Erscheinung nennen wir die Wärmeleitungsfähigkeit und unterscheiden darnach die Körper in gute, mittlere und schlechte Wärmeleiter.

Gute Wärmeleiter sind alle Metalle; mittlere Wärmeleiter sind Steine, Ziegel, gebrannter Thon, Wasser; schlechte Wärmeleiter sind Federn, Haare, Stroh, Holz, stagnirende Luft. Gebäude von Holz sind wärmer, als jene von Stein; Heizöfen von Gußeisen heizen schneller, als jene von Kacheln. Wir kleiden uns in Wolle, um die Wärme unsers Körpers in der Kälte besser zu erhalten.

Wir wenden Doppelthüren und Doppelfenster, zwischen welchen sich eine stagnirende Luftschicht befindet, an, um die Luft in unsern Wohnzimmern längere Zeit warm zu erhalten und ihre vorschnelle Abkühlung zu verhindern.

Die Wärmemittheilung durch Strahlung findet in höherem Grade nur dann statt, wenn die erhitzten Körper sich in einem so heißen Zustande befinden, daß sie zugleich leuchten, d. h., wenn sie glühen. In diesem Falle wirkt die Wärme selbst auf bedeutende Entfernungen; wir empfinden schon in einer gewissen Entfernung von einem Feuer, von einem glühenden Eisen oder von einem sehr heißen

Ofen Wärme. Kältere, in der Nähe befindliche Körper nehmen diese Wärme auf und dadurch eine höhere Temperatur an; sie werden durch Einstrahlung erwärmt, die Wärmestrahlen werden von ihnen gewissermaßen absorbirt. Die Wärmestrahlen bewegen sich in geraden Linien, befolgen dabei dieselben Bewegungs- und Zurückwerfungsgesetze wie die Lichtstrahlen und werden daher vorzüglich in der Entfernung wirksam, dann, wenn sie aufgesammelt und auf einen einzigen Punct geleitet werden. Darauf beruht die Einrichtung der Brennspiegel und Brenngläser. Körper mit rauher und dunkelgefärbter Oberfläche, dann von geringerer Dichte strahlen mehr Wärme aus; solche mit glatter, glänzender Oberfläche werfen die Wärmestrahlen zurück, durchsichtige lassen sie hindurchgehen; rauhe, dunkle Körper absorbiren sie und erwärmen sich dadurch leichter. Die Sonne wirkt nur erwärmend durch ihre ausgestrahlte oder strahlende Wärme. Bei jeder Feuerung ist die strahlende Wärme in mehrem oder minderem Grade wirksam.

Die Wärmemittheilung durch Leitung findet nur bei unmittelbarer Berührung der Körper statt, und sie besteht darin, daß der kältere Körper von dem heißern so lange Wärme aufnimmt, bis sich beide auf eine gleiche oder nahe gleiche Temperatur versetzt haben.

Die Wärmemittheilung durch Leitung ist bedingt:

a) von dem Grade der Wärmeleitungsfähigkeit der Körper;

b) von der Zeitdauer der unmittelbaren Berührung;

c) von der Form der Masse, in welcher man den Körper der Erwärmung aussetzt;

d) von der Differenz der Temperaturen zwischen dem wärmenden und dem zu erwärmenden Körper;

c) von der Wärme=Capacität der Körper.

Ad a) Von der verschiedenen Wärmeleitungs=
igkeit der Körper ist schon vordem Erwähnung ge=
ben. Hiernach wird man da, wo es sich um
elle Mittheilung der Wärme handelt, Metalle an=
den müssen, z. B. bei Heizöfen, Kesseln, Pfannen,
egen da, wo die Wärmeableitung gehindert werden
, von schlechtern Wärmeleitern Gebrauch zu machen
en. Deßhalb bauen wir unsere Schmelzöfen von
ein oder von Ziegeln, um die durch die Verbren=
ng hervorgebrachte Wärme im Innern derselben
er zu erhalten, und zu gleichem Zwecke füttern
Wind= oder Schmelzöfen von Eisenblech und
ßeisen mit Ziegeln oder mit einem dicken Lehmbe=
age aus. Zur Erreichung des gleichen Zweckes soll
Feuerraum bei einer jeden Heizung mit einer
gelwand bis auf eine Höhe von 6 bis 12 Zoll
nach der Größe der Feuerungsanlage) eingeschlos=
sein, um die Wärme in demselben zu concentriren
dadurch zur raschern und vollständigern Verbren=
ng der Brennstoffe daselbst mitzuwirken.

Ad b) Die Erwärmung erfolgt niemals augen=
lich, sondern immer erfordert sie eine gewisse Zeit,
lche, um zu einem gleichen Wärmegrade, den man
Temperatur nennt, zu gelangen, bei guten
ärmeleitern viel kürzer ist, als bei schlechten. Wäh=
d dieses Zeitverlaufes verbrennt eine gewisse Menge
ennstoff, und daraus wird ersichtlich, wie wichtig
in Beziehung auf Brennstofferſparung sei, unter
en Umständen diese Zeitdauer so viel als möglich
zukürzen. Der Körper nimmt bei der Erwärmung
allmälig an Temperatur zu bis zu dem Grade,
lchen man zu erreichen beabsichtigt, und verschiedene
rper nehmen dabei, um zu demselben Temperatur=
ade zu gelangen, nebstdem, daß sie dazu einer ver=
iedenen Zeitdauer bedürfen, auch eine verschiedene

Menge Wärme auf. Im Allgemeinen nehmen hierbei gute Wärmeleiter weniger Wärme auf, als schlechte. Diese Fähigkeit der Körper, verschiedene Mengen von Wärme aufzunehmen, um zu derselben Temperatur erhitzt zu werden, nennt man ihre Wärme-Capacität (Wärmeaufnahmsfähigkeit), und man drückt sie in Vergleichung mit jener eines gleichen Gewichtes Wasser, die man = 1,000 setzt, in Zahlen aus, welche man die specifische Wärme der Körper nennt.

Folgende Zahlen haben für uns Wichtigkeit:

Die specifische Wärme des

Wassers	= 1,000
Wasserstoffgases	= 3,294
Sauerstoffgases	= 0,236
Stickgases	= 0,275
der atmosphärischen Luft	= 0,267
des Kohlenoxydgases	= 0,288
kohlensauren Gases	= 0,221
Wasserdampfes	= 0,847
Alkohols absol.	= 0,632
Schwefels	= 0,190
Glases	= 0,197
Zinkes	= 0,095
Eisens	= 0,113
Kupfers	= 0,095
Silbers	= 0,057
Bleies	= 0,031
Zinns	= 0,056
Platins	= 0,032
Goldes	= 0,032
Quecksilbers	= 0,033

Wenn hiernach zur Erhitzung von 1 Pfd. Wasser bis 80° R. Temperatur eine Wärmemenge = x nothwendig ist, so bedarf 1 Pfd. atmosphärische Luft

nur 0,267 jener Wärmemenge, um zur gleichen Temperatur erhitzt zu werden, und mit derselben Wärmemenge, die jenes Pfd. Wasser erfordert, wird man 33 Pfd. Quecksilber zur gleichen Temperatur von 80° R. zu erhitzen im Stande sein. Bei Temperaturen über 80° R. nimmt die specifische Wärme der Körper etwas zu.

Die Kenntniß der specifischen Wärme der Körper ist für die Wissenschaft und Praxis der Wärmeanwendung sehr wichtig, weil sie uns Aufschluß giebt über die Wärme-Quantität, welche zur Erhitzung einer gegebenen Menge irgend eines der genannten Körper zu einer bestimmten Temperatur nothwendig ist, und wonach man das Minimum des hierzu erforderlichen Brennstoffaufwandes zu ermitteln vermag. In der Praxis wird zwar wegen stattfindender Wärmeverluste immer mehr aufgewendet, allein in der Kenntniß des erforderlichen Minimums liegt die Aufforderung, zu suchen, sich demselben durch zweckmäßige Verfahrungsweisen und Constructionen zu nähern, sowie auch die Möglichkeit, dieses Ziel zu erreichen. Einige Beispiele hierüber sollen später berechnet werden, um sie mit dem Ergebnisse in der Praxis vergleichen zu können.

Ad c) Die Erfahrung lehrt, daß die Körper von ihrer Oberfläche sowohl die Wärme ausstrahlen, als auch durch Leitung mittheilen; folglich hat die Oberfläche der Körper hierauf Einfluß, und es ist die Wärmemittheilung unter sonst gleichen Umständen der Oberfläche der Körper proportional. Diese aber wird bestimmt von der Form derselben; demnach hat die Form der Körper, in welcher man sie der Erwärmung aussetzt, den größten Einfluß darauf. Eine 10 Pfd. (0,0236 C'.) schwere Kugel von Eisen wird einer gewissen Zeit bedürfen, um eine bestimmte Temperatur anzunehmen, dann aber auch langsamer abkühlen,

weil die Oberfläche, durch welche die Wärme in d
Kugel sowohl eindringt als ausströmt, die mögli
kleinste ist. Wenn man dieselbe Menge Eisen
Blech von 1 Linie Dicke ausgebreitet denkt, wov
der Quadratfuß circa 3 Pfd. wiegt, so wird die Obe
fläche derselben Eisenmasse nun 6⅔ Quadratfuß b
tragen, während jene Kugel nur eine Oberfläche v
57¼ Quadratzoll hat. Die Erhitzung des Eisenblec
wird nun in demselben Verhältnisse schneller erfolge
es wird aber hierauf auch ebenso schnell seine Wärm
durch die größere Oberfläche wieder entlassen.

Für die Construction von Siedegeräthen u
Heizvorrichtungen, dann für Schmelzereien hat d
Beachtung dieser Verhältnisse große Wichtigkeit, i
dem daraus hervorgeht, daß die Siedegeräthe, a
möglichst dünnem Metall verfertigt, eine solche For
erhalten müssen, daß sie zwischen der Erhitzung
quelle — dem Feuer — der zu erhitzenden Flü
sigkeit die möglich größte Berührungsoberfläche g
statten, was in ähnlicher Art von den Heizöfen z
Lufterwärmung gilt; ferner daß die zu schmelzend
Erze und Metalle zerkleinert sein sollen, damit s
von der Wärme schneller durchdrungen werden u.
w. Anwendungen davon werden später vorkomme

Ad d) Einen nicht minder wichtigen Einfl
auf die Schnelligkeit der Wärmemittheilung übt d
Differenz der Temperaturen zwischen der Erhitzung
quelle — dem Feuer — und dem zu erhitzenden Kö
per aus. Je größer die Differenz ist, desto schnell
findet die Mittheilung der Wärme — die Erwärmun
— statt. In diesem Anbetrachte ist es durcha
nicht gleichgültig, wie der Verbrennungsproceß geleit
wird, und es folgt sowohl für die zweckmäßig
Benützung des Brennstoffes als für die Schnelligke
der Erwärmung, die doch in den meisten Fällen b
absichtigt wird, die Regel: daß, wie schon vorne a

ſen, und es wird dabei nur ein niedrigerer Tem-
rgrad hervorgebracht. So kann man Holz ver-
n und dabei eine Temperatur von 400, 600
00 und nahe 2000° R. hervorbringen, wobei
und Roheiſen ſchmelzen und das Porzellan ge-
t wird. Mit einer Verbrennungsart des Holzes,
f allerdings die Conſtruction des Ofens mit
ß nimmt, wobei nur eine Temperatur von 400
00° R. erzeugt wird, würde man letzteres nie
n im Stande ſein und aller Brennſtoff dabei
nutzlos verbrannt werden. Immer muß daher
ie Temperatur, welche man durch das Feuer
t, höher ſein, als diejenige, die man zur Errei-
irgend eines Zweckes hervorzubringen beabſich-

Ad c) Auch die Wärme-Capacität der Körper
t Einfluß auf die Erwärmung, indem, wenn
verſchiedene Körper derſelben Erhitzungsquelle
t, derjenige davon ſich ſchneller erwärmt, deſſen
ne-Capacität kleiner iſt, weil er weniger Wärme
, um zu derſelben höhern Temperatur gebracht

ganz gleichförmig mit der Zunahme der Temperatur wächst. Diese Ausdehnung ist am Größten bei den Gasen und beträgt für jeden Grad Reaumur'schen Thermometers 0,0046875 des ursprünglichen Gasvolumens bei der Temp. = 0; sie ist geringer bei den tropfbaren Flüssigkeiten und am Kleinsten bei den starren Körpern. Innerhalb der Temperaturgrenzen vom Frostpuncte bis zum Siedepuncte erfolgt die Ausdehnung mehrer Körper, z. B. des Quecksilbers, ziemlich gleichförmig. Da die Größe dieser Ausdehnung demnach mit der Temperatur im Verhältnisse steht, so hat man das Maß derselben benützt zur relativen Messung der Temperaturen in Vergleichung mit jenen des schmelzenden Eisens und des bei dem mittlern Luftdruck von 28 Pariser Zoll Barometerstand siedenden Wassers, und die Instrumente, welche man hierzu construirte, hat man Thermometer (Wärmemesser) genannt, deren Construction und Gebrauch als bekannt vorausgesetzt werden muß. Als thermometrische Mittel wendet man Luft, Weingeist, Quecksilber, Metalle (Messing und Platin), dann die Schmelzpuncte verschiedener bestimmter Metallgemische an. Das bei uns gebräuchlichste ist das Quecksilberthermometer von Reaumur, dessen Scala vom Frostpuncte bis zum Siedepuncte in 80 Grade abgetheilt ist, und woran man noch Grade bis 32° unter Null, wobei das Quecksilber gefriert, sowie bis etwa 250° über Null, wobei es siedet, beobachten kann. Alle Temperaturen sind hier in Graden nach Reaumur angegeben.

Einige poröse Körper sintern in der Wärme zusammen und nehmen dann ein kleineres Volumen ein, sowie auch mehre durch Verflüchtigung eines Gemengtheils aus demselben (Wasser bei'm Trocknen) oder durch Zersetzung in der Hitze schwinden. Der eigenthümliche Zustand, sowie die in der Hitze vor-

gehende Veränderung dieser Körper rechtfertigen hinreichend jene Ausnahme von der früher ausgesprochenen Regel.

Die Ausdehnung, welche die Körper in der Wärme erleiden, sowie im Gegensatze die Zusammenziehung, welche sie bei der Erkältung (Wärmeentziehung) erfahren, sind Erscheinungen, welche in der Praxis sehr häufig in Beachtung gezogen werden müssen.

Die Luft wird durch die Erwärmung ausgedehnt, dadurch specifisch leichter und steigt deshalb in der kältern Luft in die Höhe. Aus dieser Ursache findet sich in einem beheizten Raume die wärmste Luft immer an der Decke, was zu dem falschen Sprachgebrauche — die Wärme steige aufwärts — Veranlassung gegeben hat. Wir kennen aber keine Wärme, sondern nur erwärmte Körper. — Die Kunst der Beheizung besteht daher mit darin, die warme Luft in dem beheizten Raume gleichartig zu verbreiten. Der Pyrotechniker benutzt die durch Erwärmung entstehende Luftbewegung, um sie seinen Zwecken dienstbar zu machen; sie ist die Ursache des von selbst entstehenden Zuges in unsern Wind- oder Zugöfen.

Auch Flüssigkeiten, Wasser, Salzlaugen, Bierwürze, Branntwein und Weingeist ꝛc. werden durch die Erwärmung ausgedehnt, dadurch specifisch leichter und in der noch kältern Flüssigkeit ebenfalls zum Aufsteigen veranlaßt. Bei der Erhitzung solcher Flüssigkeiten in Siedegeräthen mittelst freien Feuers bedingt dies eine fortwährend von selbst erfolgende gleichartige Vermischung der erhitzten Flüssigkeit bis zum Eintritte des Siedens; hierauf beruht die Circulation des Wassers bei der Warmwasserheitzung, der Gebrauch des Weingeist- und Quecksilberthermometers u. a. Wegen dieser Ausdehnung der Flüs-

sigkeiten in der Wärme sollen ihre specifischen Gewichte immer nur bei derselben mittleren Temperatur von gewöhnlich 14° R. bestimmt werden, um vergleichbare und übereinstimmende Resultate zu erhalten, was besonders bei alkoholhaltigen Flüssigkeiten von mehr Bedeutung ist und größere Beachtung verdient.

Die Ausdehnung starrer Körper ist von nicht minderer Wichtigkeit. Auf dieselbe gründet sich der Gebrauch der Metallthermometer; bei Anlage von Dampf- und Warmwasserheizungen mittelst Röhren von Kupfer oder Gußeisen muß auf die bei der Erhitzung stattfindende Ausdehnung Rücksicht genommen werden, um den Röhren den erforderlichen Spielraum dafür zu belassen, damit keine Spannung und Biegung derselben eintrete. Bei Schließen kömmt diese Ausdehnung nicht minder in Betracht und Benutzung. Siedekessel und Pfannen dehnen sich bei der Erhitzung aus, und treiben, wenn kein Spielraum dafür belassen ist, das Mauerwerk des Heerdes auseinander; die Ausdehnung bei der Erwärmung und Zusammenziehung bei der Abkühlung der Oefen ist Ursache der oft geringen Haltbarkeit der Ofenkitte in den Fugen. Die ungleichförmige Ausdehnung und Zusammenziehung des Emails und Metalles bei emaillirten Gefäßen ist Ursache des leichten Abblätterns des ersten. Die Ausdehnung von Steinen gemauerter Oefen in der Hitze macht oft ihr Verklammern und selbst das der Schornsteine nothwendig, um ein Bersten derselben sammt seinen üblen Folgen zu verhüten.

Die Größe der Ausdehnung bei den Metallen wird nach Versuchen angegeben in einer Zahl, welche man den Ausdehnungs-Coefficienten nennt. Sie beträgt für die am Häufigsten gebrauchten Metalle und einige andere Körper bei der Erwärmung von Frostpunct bis zum Siedepunct für:

zeug, englisches	$\frac{1}{8833}$	der Länge
as, englisches	$\frac{1}{1232}$	"
schen Marmor	$\frac{1}{1178}$	"
lglas, franzöſ.	$\frac{1}{1122}$	"
nkohle	$\frac{1}{1000}$	"
. . . .	$\frac{1}{1132}$	"
hl	$\frac{1}{931}$	"
ungehärtet	$\frac{1}{926}$	"
en	$\frac{1}{901}$	"
rath	$\frac{1}{877}$	"
ſen	$\frac{1}{846}$	"
on	$\frac{1}{923}$	"
ath	$\frac{1}{719}$	"
, gehämmert	$\frac{1}{582}$	"
r	$\frac{1}{550}$	"
g, gegoſſen	$\frac{1}{535}$	"
gdrath	$\frac{1}{532}$	"
. . . .	$\frac{1}{460}$	"
. . . .	$\frac{1}{351}$	"
gewalzt	$\frac{1}{322}$	"
gegoſſen	$\frac{1}{346}$	"

Von beſonderer Beachtungswürdigkeit iſt auch
ſammenziehung, welche die Metalle erleiden,
ſie durch Erkaltung aus dem flüſſigen ge-
zenen Zuſtand übergehen in den ſtarren. Bei
n Metallen, als bei'm Blei, Zinn, Kupfer,
e, Kanonengut, Glockenſpeiſe, Meſſing ꝛc., iſt
zar noch nicht ermittelt. Bei'm Gußeiſen hat
gefunden, daß eine Eiſenſtange, von 73 Zoll
gegoſſen, nach dem Erſtarren und Erkalten nur
änge von 72 Zoll hatte, mithin um 1 Zoll =
rzer war. Bei der Anfertigung von Eiſenguß-
n, namentlich von Maſchinenbeſtandtheilen, iſt die
tung dieſes Umſtandes für die Genauigkeit ihrer
hrung von der allergrößten Wichtigkeit, und es
deßhalb bei der Anfertigung der Modelle hierzu

auf diese bedeutende Schwindung des Gußeisens bei'm Erstarren und Erkalten Rücksicht genommen werden. Zu dem Behufe verfertigt man sich einen eignen Modell=Maßstab, indem einer Klafterstange von 72 Zoll noch 1 Zoll hinzugefügt und nun diese 73 Zoll lange Klafter auf die übliche Weise in Schuhe, Zolle und Linien abgetheilt wird. Jedes Theilmaß der Klafter ist nun wie diese um $\frac{1}{72}$ größer, und das Modell, nach diesem Maßstabe ausgefertigt, wird nun ein Gußstück liefern, welches nach erfolgter Schwindung genau die gewünschten Dimensionen hat. Indessen ist zu bemerken, daß wegen der so großen Verschiedenheit der Roheisensorten jede Eisengießerei wohl thun wird, diese Schwindung bei dem von ihr erzeugten und verwendeten Roheisen zu ermitteln und darnach den Modellmaßstab anzufertigen.

Die Veränderung der Aggregatsform der Körper durch die Wärme.

Die Wärme bedingt drei Aggregatszustände der Körper, in welchen sie sich uns darstellen, nämlich: den starren, den tropfbarflüssigen und den elastischflüssigen (dampf= und gasförmigen). Da das Wasser alle drei Zustände anzunehmen fähig und zugleich derjenige Körper ist, welcher in diesem Anbetrachte die meiste Beachtung verdient und Anwendung findet, so erscheint es angemessen, diese Hauptwirkung der Wärme mit steter Beziehung auf das Wasser zu behandeln.

Im starren Zustande kennen wir das Wasser als Eis und Schnee; beide können, solange sie starr sind, eine jede beliebige niedrigere Temperatur annehmen; aber im Zustande des Schmelzens, des Ueberganges aus dem starren Zustande in den tropfbarflüssigen zeigt das Eis (und Schnee) immer eine constante, sich gleichbleibende Temperatur, welche wir zur

Bestimmung des einen fixen Punctes bei Thermometern anwenden und mit = 0 bezeichnen. Gewöhnlich nennt man ihn, jedoch fälschlich, den Frostpunct oder Eispunct, weil das Wasser erst bei einer Temperatur etwas unter dem Nullpunct zum Gefrieren kommt.

Wenn man auf 1 Pfd. Eis v. 0° R. Temperatur 1 Pfd. Wasser von 60° R. Temperatur gießt und damit vermischt, so kommt das Eis zum Schmelzen; es entstehen 2 Pfd. Wasser, dessen Temperatur aber = 0 ist. Das Eis hat demnach, um zu schmelzen, jene Menge Wärme verschluckt oder aufgenommen, welche in 1 Pfd. Wasser von 60° R. Temperatur enthalten war, und diese Wärmemenge wurde lediglich dazu verwendet, um die Aggregatsform des Eises zu ändern, um es zum Schmelzen zu bringen, in den tropfbarflüssigen Zustand zu versetzen, in Wasser zu verwandeln.

Wenn man Wasser von 0° R. Temperatur in einem offenen Gefäße erhitzt und ein Thermometer in dasselbe bringt, so wird man dabei beobachten können, daß die Temperatur des Wassers während der Erhitzung von 0° R. an fortwährend zunimmt, daß sie endlich auf 80° steigt, wo das Wasser in's Sieden kommt und zu verdampfen beginnt, und daß von diesem Zeitpuncte an kein Steigen, keine Zunahme der Temperatur mehr statt findet, sondern alle dem Wasser mehr hinzugeführte Wärme dazu verwendet wird, um abermals seine Aggregatsform zu ändern, um es in Dampf zu verwandeln, welcher aber ebenfalls nur eine Temperatur von 80° R. zeigt. Alle dem bereits siedendheißen Wasser mehr hinzugefügte Wärme wird daher blos zur Formänderung desselben verwendet, zur Verwandelung desselben in Dampf, ohne daß dieser Zufluß an Wärme durch das Steigen des Quecksilbers im Thermometer bemerklich würde.

Diese Wärme nun, welche wir mit dem Ge
wahrnehmen und deren Zu- oder Abnahme mit
Thermometer beobachten können, nennen wir f
Wärme, dagegen jene Wärme, welche auf
Thermometer nicht wirkt, gleichwohl jedoch von
Körpern aufgenommen und bloß zur Formände
verwendet wird, gebundene Wärme genannt

Ein Pfund Eis bindet demnach bei seinem
bergange in Wasser von 0° R. Temperatur
Wärme, als in 1 Pfd. Wasser von 60° R. T
enthalten ist, oder 60 Wärmeeinheiten. Um z
fahren, welche Menge Wärme das Wasser bei se
Uebergange in Dampf bindet, dient folgendes
riment. In einem mit einer Dampfleitungsröhre
sehenen geschlossenen Kessel wird Wasser zum K
erhitzt und davon 1 Pfd. verdampft; den D
leitet man in ein Gefäß, worin sich 5,5 Pfd.
ser von 0° R. Temperatur befinden. Wenn
nun dabei allen Wärmeverlusten vorbeugt, so
man finden, daß jenes Pfd. Dampf sich in den
Pfd. eiskaltem Wasser zu tropfbarem Wasser
dichtet, daß am Ende des Versuchs sich in j
Gefäße 6,5 Pfd. Wasser befinden werden, deren T
peratur aber 80° R. sein wird. Jene 5,5 Pfd.
kaltes Wasser sind demnach durch die in 1 Pfd. W
serdampf enthaltene gebundene Wärme von 0° R
80° R. erhitzt worden, und es beträgt demnac
in 1 Pfd. Wasserdampf enthaltene gebundene W
$= 5{,}5 \times 80 = 440$ Reaumur'sche Wärmeeinh
die wir in der Folge immer unter Wärmeeinh
verstehen werden. Man sieht daraus, daß der W
serdampf gewissermaßen als ein Reservoir von W
angesehen werden kann, indem darin eine große M
Wärme angehäuft enthalten ist, und daß eben dieser
stand die vielen höchst nützlichen Anwendungen bed
welche wir von dem Wasserdampfe gegenwärtig ma

Nennen wir den Wärmegehalt in 1 Pfd. Eis = x, um einen Anfangspunct zu haben . = x,
so nimmt es bei'm Uebergang in Wasser an
gebundener Wärme auf . . . . 60 W. E.,
bei der Erhitzung bis zum Sieden an freier
Wärme . . . . 80 „ „
bei d. Verdampfung an gebundener Wärme 440 „ „

Zusammen enthält demnach 1 Pfd. Wasserdampf an freier und gebundener Wärme 580 + x W. E., wovon 500 W. E. an gebundener und 80 + x W. E. an freier Wärme.

Das Wasser verwandelt sich unter der Erscheinung des Siedens bei verschiedenem Luftdruck (Barometerstand) zwar bei etwas verschiedenen, bei größerem Luftdrucke bei höhern, bei kleinerem Luftdrucke bei niedrigern Temperaturen in Dampf; bei gleichem Luftdrucke aber ist auch der Siedepunct ein sich gleichbleibender, so daß jener bei dem angenommenen mittlern Barometerstande von 28 Alt-Pariser Zoll als zweiter fixer Punct für die Construction übereinstimmender Thermometer festgestellt und bei der in diesem Aufsatze gebrauchten Scala von Reaumur mit 80 bezeichnet wird.

Technische Anwendung wird vorzüglich nur von der gebundenen Wärme des Wasserdampfes gemacht, und wir widmen der Betrachtung derselben das folgende Kapitel.

Auf der Eigenschaft des Eises, Wärme zu binden, indem es in tropfbarflüssiges Wasser übergeht, beruht die Anwendung desselben, in Gemeinschaft mit gewissen Salzen, welche entweder selbst noch Krystallwasser enthalten, oder von Salzen und verdünnten Säuren und Flüssigkeiten, welche Eis und Schnee zum schnellen Schmelzen zu bringen vermögen, durch

die Bindung der freien Wärme des Gemisches daß
künstlich zu erkälten, wovon ebenfalls mehrfache
wendung gemacht wird.

Es geht aber aus dem Gesagten schon von s
hervor, daß, sowie einerseits Körper Wärme bin
wenn sie aus dichtern in dünnere Aggregatsfor
übergehen, andrerseits wieder die gebundene Wä
frei wird, wenn sie aus dem dünnern in den dich
Aggregatszustand zurückkehren, und wir ihnen d
nach jene Wärme entziehen müssen, wenn sie
Verdichtung gebracht werden sollen, worauf sich
Construction der Abkühlungsvorrichtungen grün

Zweites Kapitel.

Von den Eigenschaften und der Bildung
Dampfes.

I. Allgemeine Eigenschaften des Dam
und allgemeine Gesetze der Dampfb
dung.

Ist Wasser der freien Luft ausgesetzt, so
dunstet bekanntlich dasselbe allmälig, und zwar
jeder auch noch so niedrigen Temperatur; wird es
wärmt, so hat eine immer raschere Verdunstung st

Die Erwärmung kann jedoch nur bis auf ei
gewissen Grad erhöht werden; ist das Wasser bis
diesen Punct erhitzt, so tritt plötzlich eine ganz and
Erscheinung ein, das Wasser **kocht** oder sied
Von nun an verbindet sich alle hinzukommende Wä
mit Wassertheilen zu einer elastischen Flüssigkeit,
Dampf.

üssigkeiten zeigen ähnliche Erscheinungen,
tritt aber nicht bei demselben Tempera-
. Der Siedepunct des reinen und
assers findet sich bei etwa 80° R. (der
en Scale) oder 100° C. (der hundert-
r 212° F. (der Fahrenheit'schen Scale).
r besteht das Sieden in einer ungehin-
pfbildung. Tritt es also nicht früher ein,
selben irgend ein Hinderniß im Wege
bei niedriger Temperatur nicht überwun-
kann; und dieses Hinderniß kann kein
als der Druck der Luft.
der That kommt Wasser unter einer
bei einem ungleich schwächern Hitzgrade
Sieden, sowie unter einer Compressions-
bei einem höhern. Eben daher ist der
keineswegs ein ganz unveränderlicher. Er
an genau bei 80° R. oder 100° C. ein,
Barometer auf 28" (0,76 Met.) steht.
iefern oder höhern Stande hat auch der
etwas früher oder später statt. Auffallend
r auf Gebirgen, wo der Luftdruck kleiner
em 14700' hohen Montblanc, wo der
uf 16" steht, kocht das Wasser schon bei

r ist es auch einzusehen, warum der
Bildung des Dampfes erschwert. Da
eine elastische Füssigkeit ist, zu der das
edehnt wird, so wird derselbe sich nur
den können, wenn seine Elasticität oder
kraft dem Luftdrucke gleich kommt, und
ur bei einem gewissen Grade von Wärme
eit stattfinden.
n das Wasser bei 100° C. siedet, so er-
raus, daß die Elasticität des Dampfes
Temperatur eben jener der Luft gleich

des Dampfes wieder zu Wasser condensirt. *) Füllt man daher ein Gefäß mit Dampf, und erkältet man dasselbe, nachdem es dicht verschlossen worden, so werden mehr und mehr Wassertheile niedergeschlagen, und der Dampf wird immer dünner. Erkältet man das Gefäß bis 25°, so beträgt die Expansivkraft des Dampfes nur 10''' und bei 0° nur noch 2''', so daß im innern Raume beinahe ein Vacuum entsteht. Der Dampf bleibt aber immer ein saturirter, d. h. Dampf, dessen Elasticität und Dichtigkeit stets die seiner Temperatur angemessene bleiben.

Anders verhält es sich, wenn ein blos Dampf enthaltendes Gefäß noch mehr erhitzt wird. Der Dampf wird dann heißer, ohne daß er mehr Wasser aufnimmt. Seine Dichtigkeit bleibt unverändert; und er ist nicht mehr saturirt.

Solcher Dampf, der eine seiner Temperatur nicht entsprechende Dichtigkeit hat, heißt überhitzt. Auch hier steigt mit der Zunahme der Temperatur die Elasticität oder Expansivkraft, doch nur wie bei allen Gasarten, nämlich um $\frac{1}{275}$ für 1° C. von 0° an gerechnet. —

Wenn ferner ein mit einem Kolben versehener Stiefel zum Theil mit Dampf gefüllt ist, so wird, wenn der Kolben tieferhinein gestoßen, oder weiter herausgezogen wird, der Dampf entweder dichter oder dünner. Zugleich aber muß im ersten Falle seine Temperatur steigen, und im zweiten sinken; und im ersten also latente Wärme frei, im zweiten freie latent werden.

Gesetzt z. B., der Raum, in dem 1 Pfd. Dampf (von 100°) sich befindet, werde auf die Hälfte ver-

*) Diese sich aussondernder Wassertheilchen machen ihn trübe und undurchsichtig wie Nebel; der gesättigte Dampf ist vollkommen durchsichtig.

mehr, da es ungleich mehr Zeit braucht, um 1 Pfd. Wasser zu verdampfen, als um dasselbe bis zum Siedepuncte zu erhöhen.

Es kann jedoch leicht gezeigt werden, daß in der That 1 Pfd. Dampf wenigstens 6 oder $6\frac{1}{2}$mal soviel Wärme enthält, als 1 Pfd. Wasser, obschon der Dampf wie das Wasser die gleiche Temperatur von 100° zeigt.

Leitet man nämlich, während 1 Pfd. Wasser verdampft, allen Dampf in kaltes Wasser, z. B. in 20 Pfd. Wasser von 15°, so wird der Dampf darin erkältet und zu Wasser verdichtet, und die ganze Wassermasse (wenn aller Wärmeverlust sorgfältig verhütet wird) auf 45° oder um 30° erwärmt. Mischt man hingegen 1 Pfd. siedendheißes Wasser mit 20 Pfd. kaltem von 15°, so wird die Temperatur nur auf 19° oder um 4° erhöht.

Die Erklärung ist ohne Zweifel folgende: Nennen wir w die erforderliche Wärme, um 1 Pfd. Wasser um 1° C. wärmer zu machen, so enthält 1 Pfd. siedendes 100 w; und die 20 Pfd. kaltes von 15° enthalten 300 w. Diese 400 w vertheilten sich auf die 21 Pfd., und die Temperatur wird also $\frac{400}{21}$ oder 19° sein. Ebenso werden im ersten Falle die 21 Pfd. nach der Vermischung 21 $\times$ 45 oder 945 w enthalten; da nun das kalte Wasser vorher nur 300 w enthielt, so muß der Wärmegehalt des Dampfes unstreitig 645 w betragen; und da seine Temperatur nur = 100 ist, so muß er die übrigen 545 in einem besondern Zustande, oder als latente Wärme enthalten.

Das Mittel aus vielen Versuchen ergiebt 640 w für den Wärmegehalt des Dampfes. Ein Pfd. Dampf hat hiemit $6\frac{2}{5}$mal soviel Wärme als 1 Pfd. siedendheißes Wasser; und kann also, indem er sich darin condensirt, $5\frac{2}{5}$ Pfd. kaltes Wasser von

Es soll dies durch die folgenden Betrachtungen geschehen.

II. Besondere Eigenschaften des Dampfes.

1) Messung der Elasticität des Dampfes.

Die Spannkraft oder Pression des Dampfes pflegt man auf dreierlei Weise zu bestimmen oder zu bemessen:

1) In Atmosphären, oder indem man den gewöhnlichen Druck der atmosphärischen Luft als Maßeinheit annimmt.

2) Barometrisch oder nach der Höhe einer Quecksilbersäule, die er zu tragen vermag.

3) In Gewichten oder nach dem Drucke, den er auf eine gegebene Fläche, 1 □″ oder ein □ cm. ausübt.

Da der Druck der Atmosphäre variirt, so nimmt man als Maßeinheit den bei 28 franz.″ oder 30 engl.″ oder 0,76 Met. Barometerstand an, obschon der wirkliche Druck der Luft gewöhnlich etwas geringer ist. Jene 3 Werthe sind zwar nicht ganz gleich; denn

76 cm. = 28,075″ par. und 30″ engl. = 28,146″ par.

Der Unterschied ist in der Praxis jedoch unerheblich. Dampf von 7 Atm. zu 30″ engl. ist nur um $\frac{1}{28}$ Atm. stärker, als solcher zu 28″ franz. bestimmt.

Dampf von 1 Atm. Druck, atmosphärischer oder einfacher, wie man solchen auch nennt, übt auf 1 □ cm. einen Druck von 1,033 Kil. aus; auf 1 Cub. cm. von 0,812 Kil.

Dampf von 2 oder 3 Atm. (2 oder 3 facher) ist, barometrisch angegeben, Dampf von 1,52 und 2,28 Met. oder 60 und 90″ (engl.) Quecksilberhöhe,

und von 2,066 und 3,1 Kil. Druck per □ cm.

Zuweilen giebt man blos den Ueberdruck an, und nennt wohl 4 fachen Druck den, der um 4 Atm. den äußern Luftdruck übersteigt; solcher Druck ist in der That aber 5 facher, oder Dampf von 5 Atm. Druck.

2) Verhältniß des Druckes und der Temperatur bei höhern Wärmegraden.

Daß, wenn Wasser in verschlossenen Gefäßen gekocht wird, der Dampf allmälig nicht nur dichter und elastischer, sondern auch heißer wird, mußte schon längst beobachtet worden sein. Erst in neuerer Zeit fand man aber, daß jedem Temperaturgrade des (gesättigten) Dampfes und des siedenden Wassers ein bestimmter Grad der Spannung oder Elasticität entspreche, und suchte man diesen durch vielfache Versuche für alle Temperaturen zu erforschen. *) Besonderes verdienstlich sind die von Betancourt, von Christian in Paris und Arzberger in Wien. Vor allen zeichnen sich indeß durch Umfang und Genauigkeit diejenigen aus, die von Dulong und andern Mitgliedern des französischen Instituts unternommen wurden, indem der Apparat mittelst einer Röhre von beinahe 70' Höhe den barometrischen Druck der Dämpfe bis zu einer Stärke von mehr als 25 Atmosphären direct beobachten ließ. **)

---

*) Die ersten Versuche, die mit der Hitze wachsende Spannkraft des Dampfes zu messen, machte Dr. Ziegler von Winterthur bekannt, in den Abhandlungen de digestore Papini. Basil. 1769. 4.

**) Andere Physiker ermittelten bei höheren Temperaturen die Spannkraft des Dampfes mit Hülfe eines Manometers, oder nach der Belastung einer Sicherheitsklappe, die der Dampf zu heben vermochte.

des Dampfes wieder zu Wasser condensirt. *) Füllt man daher ein Gefäß mit Dampf, und erkältet man dasselbe, nachdem es dicht verschlossen worden, so werden mehr und mehr Wassertheile niedergeschlagen, und der Dampf wird immer dünner. Erkältet man das Gefäß bis 25°, so beträgt die Expansivkraft des Dampfes nur 10''' und bei 0° nur noch 2''', so daß im innern Raume beinahe ein Vacuum entsteht. Der Dampf bleibt aber immer ein saturirter, d. h. Dampf, dessen Elasticität und Dichtigkeit stets die seiner Temperatur angemessene bleiben.

Anders verhält es sich, wenn ein blos Dampf enthaltendes Gefäß noch mehr erhitzt wird. Der Dampf wird dann heißer, ohne daß er mehr Wasser aufnimmt. Seine Dichtigkeit bleibt unverändert; und er ist nicht mehr saturirt.

Solcher Dampf, der eine seiner Temperatur nicht entsprechende Dichtigkeit hat, heißt überhitzt. Auch hier steigt mit der Zunahme der Temperatur die Elasticität oder Expansivkraft, doch nur wie bei allen Gasarten, nämlich um $\frac{1}{275}$ für 1° C. von 0° an gerechnet. —

Wenn ferner ein mit einem Kolben versehener Stiefel zum Theil mit Dampf gefüllt ist, so wird, wenn der Kolben tieferhinein gestoßen, oder weiter herausgezogen wird, der Dampf entweder dichter oder dünner. Zugleich aber muß im ersten Falle seine Temperatur steigen, und im zweiten sinken; und im ersten also latente Wärme frei, im zweiten freie latent werden.

Gesetzt z. B., der Raum, in dem 1 Pfd. Dampf (von 100°) sich befindet, werde auf die Hälfte ver-

*) Diese sich aussondernder Wassertheilchen machen ihn trübe und undurchsichtig wie Nebel; der gesättigte Dampf ist vollkommen durchsichtig.

Auch in diesem Falle haben Wasser und Dampf dieselbe erhöhte Temperatur; auch hier hat der Dampf bei jedem Temperaturgrade einen bestimmten Grad von Elasticität und Dichtigkeit; in allen diesen Fällen endlich ist der Dampf ein gesättigter oder saturirter, weil er soviel Wassertheile aufnehmen kann, als er zu der seiner Temperatur angemessenen Dichtigkeit bedarf.

Wird der Hahn eines Gefäßes, in dem solcher Dampf von höherem Drucke erzeugt ist, geöffnet, so strömt derselbe mit Schnelligkeit heraus, bis das Gleichgewicht mit dem atmosphärischen Drucke hergestellt ist. Zugleich wird aber auch die Temperatur des überhitzten Wassers bis auf 100° C. fallen müssen, und daher noch eine spontane Dampfentwicklung stattfinden.

Ist in einem Gefäße von 1 Cub.' noch 1 Pfd. Wasser vorhanden, und Wasser und Dampf auf 122° erhitzt, so daß dieser die Elasticität von 2 Atm. erlangt hat, so wird bei Oeffnung des Hahns 1) $\frac{1}{2}$ Cub.' dieses zweifachen Dampfes ausströmen, bis der übrige zur Dichtigkeit des einfachen Dampfes sich ausgedehnt hat; 2) aber wird die Temperatur des Wassers von 122° auf 100 sinken, und dieses also ein Wärmequantumvon 22 w abgeben müssen. Da nun 1 Pfd. bereits siedendes Wasser 540 w bedarf, um sich in Dampf zu verwandeln, so werden jene 22 w eine spontane Dampfentwicklung von $\frac{22}{540}$ oder etwa $\frac{1}{24}$ Pfd. Wasser veranlassen, oder an $\frac{3}{4}$ Cub.' Dampf von einfacher Pression erzeugen, die ebenfalls noch durch jenen Hahn entweichen müssen.

Sowie ferner der Dampf, wenn er mit Wasser in Berührung ist, immer dichter und elastischer wird, je mehr man ihn erhitzt, so verliert er umgekehrt durch Erkältung wieder in eben dem Grade an Elasticität und Dichtigkeit, indem sich ein Theil

Es soll dies durch die folgenden Betrachtungen geschehen.

II. Besondere Eigenschaften des Dampfes.

1) Messung der Elasticität des Dampfes.

Die Spannkraft oder Pression des Dampfes pflegt man auf dreierlei Weise zu bestimmen oder zu bemessen:

1) In Atmosphären, oder indem man den gewöhnlichen Druck der atmosphärischen Luft als Maßeinheit annimmt.

2) Barometrisch oder nach der Höhe einer Quecksilbersäule, die er zu tragen vermag.

3) In Gewichten oder nach dem Drucke, den er auf eine gegebene Fläche, 1 □" oder ein □ cm. ausübt.

Da der Druck der Atmosphäre variirt, so nimmt man als Maßeinheit den bei 28 franz." oder 30 engl." oder 0,76 Met. Barometerstand an, obschon der wirkliche Druck der Luft gewöhnlich etwas geringer ist. Jene 3 Werthe sind zwar nicht ganz gleich; denn

76 cm. = 28,075" par. und 30" engl. = 28,146" par.

Der Unterschied ist in der Praxis jedoch unerheblich. Dampf von 7 Atm. zu 30" engl. ist nur um $\frac{1}{28}$ Atm. stärker, als solcher zu 28" franz. bestimmt.

Dampf von 1 Atm. Druck, atmosphärischer oder einfacher, wie man solchen auch nennt, übt auf 1 □ cm. einen Druck von 1,033 Kil. aus; auf 1 Cub. cm. von 0,812 Kil.

Dampf von 2 oder 3 Atm. (2 oder 3 facher) ist, barometrisch angegeben, Dampf von 1,52 und 2,28 Met. oder 60 und 90" (engl.) Quecksilberhöhe,

und von 2,066 und 3,1 Kil. Druck per □ cm.

Zuweilen giebt man blos den Ueberdruck an, und nennt wohl 4 fachen Druck den, der um 4 Atm. den äußern Luftdruck übersteigt; solcher Druck ist in der That aber 5 facher, oder Dampf von 5 Atm. Druck.

2) Verhältniß des Druckes und der Temperatur bei höhern Wärmegraden.

Daß, wenn Wasser in verschlossenen Gefäßen gekocht wird, der Dampf allmälig nicht nur dichter und elastischer, sondern auch heißer wird, mußte schon längst beobachtet worden sein. Erst in neuerer Zeit fand man aber, daß jedem Temperaturgrade des (gesättigten) Dampfes und des siedenden Wassers ein bestimmter Grad der Spannung oder Elasticität entspreche, und suchte man diesen durch vielfache Versuche für alle Temperaturen zu erforschen. *) Besonderes verdienstlich sind die von Betancourt, von Christian in Paris und Arzberger in Wien. Vor allen zeichnen sich indeß durch Umfang und Genauigkeit diejenigen aus, die von Dulong und andern Mitgliedern des französischen Instituts unternommen wurden, indem der Apparat mittelst einer Röhre von beinahe 70′ Höhe den barometrischen Druck der Dämpfe bis zu einer Stärke von mehr als 25 Atmosphären direct beobachten ließ. **)

---

*) Die ersten Versuche, die mit der Hitze wachsende Spannkraft des Dampfes zu messen, machte Dr. Ziegler von Winterthur bekannt, in den Abhandlungen de digestore Papini. Basil. 1769. 4.

**) Andere Physiker ermittelten bei höheren Temperaturen die Spannkraft des Dampfes mit Hülfe eines Manometers, oder nach der Belastung einer Sicherheitsklappe, die der Dampf zu heben vermochte.

Wir halten für überflüssig, einzelne Reihen von Beobachtung anzuführen, und begnügen uns in folgender Tafel anzugeben, wie als Resultat der genauesten Versuche nach Arago und Dulong die Temperatur des saturirten Dampfes mit der Spannung zunimmt.

Tafel I. *)

Druck in Atm.	Druck Barom	Temp. in C°	Druck in Atm.	Druck Barom.	Temp. in C°
1 Atm.	76 CM.	100° C°	8 Atm.	608 C.M.	172,°1 C
$1\frac{1}{4}$	95	106,6	9	684	177,1
$1\frac{1}{2}$	114	112,2	10	760	181,6
$1\frac{3}{4}$	133	117,1	11	836	186
2	152	121,4	12	912	190
$2\frac{1}{4}$	171	125,5	13	988	193,7
$2\frac{1}{2}$	190	128,8	14	1064	197,2
$2\frac{3}{4}$	209	132,1	15	1140	200,5
3	228	135,1	16	1216	203,6
$3\frac{1}{2}$	266	140,6	18	1368	209,4
4	304	145,4	20	1520	214,7
$4\frac{1}{2}$	342	149,1	24	1824	224,2
5	380	153,1	30	2280	236,2
$5\frac{1}{2}$	418	156,8	35	2660	244,8
6	456	160,2	40	3040	252,5
7	532	166,5	50	3800	265,9

*) Wir haben den Barometer-Druck in Centim. und die Temperatur in Centesimalgraden angegeben.

Der Druck in franz. Zollen findet sich, wenn man die Atm. mit 28, und der in engl., wenn man sie mit 30 multiplicirt.

Die Temperatur in R. wenn man die angegebenen mit $\frac{4}{5}$; und in F., wenn man sie mit $\frac{9}{5}$ multiplicirt, und für letztere noch 32 addirt.

Die vorstehenden Bestimmungen können allerdings nicht in gleichem Grade für richtig gelten. Da bei sehr hoher Spannung des Dampfes die Versuche immer schwieriger werden, so besitzt man über solche nur wenige Beobachtungen, und da die Temperaturunterschiede immer geringer werden, so werden dann ganz genaue Resultate kaum möglich.

Es ist indeß sehr wahrscheinlich, daß auch zukünftige Versuche die obigen Angaben bis zum Druck von 8 Atmosphären soviel als gar nicht und bis zu dem von 20 Atmosphären nicht wesentlich abändern werden, und die vorstehende Tafel kann also bereits den Practiker befriedigen.

Dasselbe muß auch von allen Regeln oder Formeln gelten, die man aufzustellen bemüht war, um für jeden gegebenen Temperaturgrad die demselben zukommende Spannkraft oder umgekehrt zu berechnen. Noch scheint keine gefunden, durch welche für alle Temperaturen mit der Erfahrung übereinstimmende Resultate erhalten werden, so daß ihr eine allgemeine Gültigkeit zuerkannt werden kann. Richtige geben auch die besten nur bis zum Drucke von 6 oder höchstens 8 Atmosphären, und da man bis dahin eine für alle Temperaturgrade sehr detaillirte Tafel entworfen hat, so sind für den Practiker überhaupt diese Formeln ziemlich entbehrlich. *)

---

*) Wir wollen indessen die von Tredgold gegebene anführen:

Ist t die Temperatur in C°, und f die Pression in Cent., so ist log. p = 6 × (lt + 73 — l 84) und log. (t + 73) = ⅙ lp + l 84.

Der Druck des Dampfes bei 121° C. findet sich hiemit also:

log. 121 + 73 oder log. 194 = 2,28780
log. 84 = 1,92428
0,36352
× 6
2,18172 = C. 152.

Es dürfte auffallen, daß die Spannkraft bei so geringer Erhöhung der Temperatur doch so sehr zunimmt, daß sie z. B. auf das Doppelte steigt, wenn Dampf von 100° um 22° heißer wird. Man könnte vermuthen, daß demnach eine ganz geringe Zugabe von Wärme dies bewirken müsse. Allein es ist von saturirtem Dampfe die Rede, und es muß hiemit nicht nur auch das Erzeugungswasser um 22° heißer, sondern der Dampf überdies fast doppelt so dicht und hiemit noch fast ebensoviel neuer Dampf erzeugt werden.

Enthält ein Kessel 2000 Pfd. Wasser und $1\frac{1}{2}$ Pfd. Dampf von 105° und producirt er per Minute 10 Pfd. Dampf, so muß er per Minute 10 $\times$ 640 w erhalten oder 6400 w, und hat auf einmal kein Dampfverbrauch statt, während er fortdauernd gleichviel Wärme erhält, so muß die Hitze steigen. Damit jedoch der Dampf die Spannung von 2 Atmosphären erreiche, muß nahe an $\frac{2}{3}$ Pfd. Wasser zu Dampf werden, was 8—900 w kostet, und überdies alles Kesselwasser um 17° heißer werden, wozu 34,000 w erforderlich sind. Der Dampf wird also erst nach etwa $5\frac{1}{2}$ Minute jene Spannung erreichen. Daraus erhellt jedoch daß die Spannung um so rascher zunehmen werde, je weniger Wasser im Kessel vorhanden ist.

Ist der Druck eines Dampfes in Atmosphären bekannt, so läßt sich natürlich leicht der Flächendruck rechnen. Wie dieser zunimmt zeugt.

Der Druck wäre also = 152 Centim. und zur Berechnung der Temperatur, wenn p gegeben ist:

$$\log. t + 73 = \frac{\log. p}{6} \log. 84.$$

Damnach wäre die Temperatur von 8 fachem Dampf (wo p = 608 = $171\frac{1}{8}$°.

Tafel II.

Druck in Atm.	Flächendruck auf 1 □ c. m.	1 O c.m	1 □"(engl.)	1 O"
	Kil.	Kil.	n. Pfd.	n. Pfd.
1 Atm.	1,033	0,811	14,7	11,55
1¼	1,291	1,014	18,375	14,4375
1½	1,549	1,216	22,05	17,325
2	2,066	1,622	29,4	23,1
2½	2,582	2,028	36,75	28,875
3	3,1	2,432	44,1	34,65
3½	3,615	2,838	51,45	40,425
4	4,132	3,244	58,8	46,2
4½	4,648	3,650	66,15	51,975
5	5,165	4,056	73,5	57,75
5½	5,681	4,460	80,85	63,525
6	6,2	4,866	88,2	69,3
6½	6,714	5,270	95,55	75,075
7	7,231	5,676	102,9	80,85
7½	7,747	6,082	110,25	86,625
8	8,264	6,488	117,6	92,4

8) Von der Dichtigkeit des Dampfes bei höhern Temperaturgraden.

Die genaue Ausmittelung der Dichtigkeit des Dampfes ist mit großen Schwierigkeiten verbunden; es ist sich daher nicht zu verwundern, daß frühere Physiker sie sehr unrichtig angaben. Muschenbroek und Desaguliers glaubten noch, der heiße Wasserdampf sei wenigstens 14,000mal dünner als das Wasser. *) Watt bestimmte diese Dichtigkeit zuerst beinahe so, wie sie auch die neuesten und sorgfältig-

*) Obschon Moreland schon gefunden, daß 1 Cub." Wasser nur 2000 Cub." Dampf gebe. —

sten Versuche finden lassen, indem er annahm, daß 1 Cub.'' kaltes Wasser sich in 1 Cub.' (also 1728 C.'') Dampf verwandle.

Aus den genauesten Versuchen ergiebt sich nämlich, daß 1 Cub.'' Wasser von 0°,1700 Cub.'' einfachen Dampf (von 100° oder 28'' Druck) liefert. Oder 1 Cub.'' Wasser von 100° C.'' 1620 C.'' Dampf.

Der Dampf von 1 Atm. Druck wäre also 1700mal dünner und leichter, als kaltes Wasser, und sein specifisches Gewicht = 0,000589.

Und es wiegt demnach:

1 engl. Cub.' D. $\frac{62\frac{1}{2}}{1700}$ oder 0,036765 Pfd.

und 1 Cub.Met. D. $\frac{1000}{1700}$ oder 0,589 Kilogr.

Es fragt sich nun aber, welches die Dichtigkeit des Dampfes bei höheren Temperaturgraden und für jeden Grad der Spannung sein wird, und diese muß, da sie sich kaum durch Versuche genau ermitteln läßt, durch Berechnung bestimmt werden.

Wie diese Berechnungen angestellt werden können, ist aus Folgendem ersichtlich.

Da man 1) weiß, daß die Luft für jeden Centes. Grad, um den sie erwärmt wird, um $\frac{1}{270}$ ihres primitiven Volums (bei 0°) sich ausdehnt, so werden 270 Cub.' Luft von 0° auf 100° erwärmt, zu 370 Cub.' und 1 Cub.' Luft von 100° um weitere t° erwärmt zu $\frac{370 + t}{370}$ Cub.'

Da man 2) weiß, daß der Dampf sich genau nach dem gleichen Gesetze ausdehnt, so muß 1 Cub.' Dampf von 100°, wenn seine Temperatur um 22° steigt, ein Volum von

$\frac{370 + 22}{370}$ oder $\frac{39}{370}$ Cub.' erlangen, und hiermit der Dampf aus 1 Pfd. Wasser oder 1700 Cub.' zum Volum von $\frac{392}{370} \times 1700$ oder 1801 Cub.' sich ausdehnen.

Da man endlich 3) weiß, daß sich bei gleicher Temperatur die Pression der elastischen Flüssigkeiten wie die Dichtigkeit verhält, und saturirter Dampf bei 122° C. gerade die doppelte Pression oder die von 2 Atmosphären hat, so werden jene 1801 Cub.' eine doppelte Dichtigkeit und daher ein Volum von nur 900 Cub.' haben müssen.

Oder wenn 1 Cub.' Wasser von 0° 1700 Cub.' Dampf von 100° und einfacher Pression liefert, so giebt ein solcher 900 C.' Dampf von 122° und zweifacher Pression.

Es muß hiemit 1 Cub.Meter Dampf von 2 Atmosph. $\frac{10}{9}$ Kil. wiegen, und das specifische Gewicht 0,00111 betragen, und dieses, sowie die reelle Dichte, nicht ganz im Verhältnisse der Spannung wachsen. *)

---

*) Man kann auch also rechnen:

Auf 1 Kil. gehen 770 Lit. Luft a 0°. Diese dehnen sich, ohne Aenderung der Pression, auf 100° erwärmt um $\frac{100}{270}$, und auf 135° erwärmt um $\frac{135}{270}$ aus.

Hiemit gehen auf 1 Kil. 1055 Lit. von 100°, und 1155 Lit. von 135° Temperatur.

Nach dem Mariotteschen Gesetze steigt (bei gleicher Temp.) die Dichte wie die Pression. 3mal dichtere Luft hat also einen Druck von 3 Atm., und von solcher wiegen bei 135° Wärme, $\frac{1155}{3}$ oder 385 Lit. 1 Kil. Da nun Dämpfe $\frac{8}{5}$mal soviel Volum haben, als Luft von derselben Temperatur und Pression — so müssen auf 1 Kil. $\frac{8}{5} \times 1055$ Lit. = 1688

Zur Berechnung des specifischen Gewichts b (oder des Gewichts von 1 Cub.Meter Dampf) kann folgende **Formel** dienen, wenn p oder der Druck per □ cm. in Kil. und die Temperatur in C.° gegeben sind. Es ist nämlich

$$d = \frac{0,7827\ p}{1 + 0,00375\ t} \text{ oder genauer } \frac{0,7827\ p}{1 + 0,00364\ t}$$

je nachdem man wie früher die Ausdehnung zu $\frac{1}{267}$, oder nach **Rudberg** zu $\frac{1}{274}$ per Grad annimmt; daher das spec. Gewicht etwas größer, als jetzt auch bisher, gefunden wird.

Beispiel. Ist $t = 100°$ und $p = 1,033$, so finden wir

$$d = \frac{0,7827 \times 1,033}{1 + 0,364} = 0,592$$

und für 3fachen Dampf $t = 135$ und $p = 3,1$

$$d = \frac{0,7827 \times 3,1}{1,4914} = 1,627$$

oder nach der ältern Formel

$$d = \frac{0,7827 \times 3,1}{1,5062} = 1,611.$$

Wäre dreifacher Dampf dreimal dichter, als einfacher, so müßte 1 Cub.Meter 3 × 0,592 oder 1,776 Kil. wiegen. *)

Hat der Dampf bei $145\frac{1}{4}°$ die Pression von 4 Atmosphären, so muß 1 Cub." Wasser 477 Cub."

Lit. von 100° und 1 Atm. Druck geben; und $\frac{8}{5} \times 385$ oder 616 Lit. von 135° und 3 Atm. Druck.

*) Nach obiger Formel berechnet, erlangte der Dampf bis zur Temp. von 1200° gesteigert die Dichte des Wassers, und eine Elasticität von 8000 Atmosph.

solchen Dampfes geben, und dessen Dichtigkeit also = 0,00209 sein.

Denn 1700 Cub." einfachen Dampfes dehnet sich bei 145¼° zu 1700 $\times \frac{415\frac{1}{4}}{370}$ oder zu 1908" aus —

und $\frac{1908}{4} = 477$.

1 Cub." Wasser giebt also 477 Cub." Dampf von 4 Atm. und 477 : 1 wie 1 : 0,00209.

Aus den Dichtigkeitsverhältnissen läßt sich nun leicht auch berechnen:

1) Die Menge Dampf von höherem Drucke, die 1 Pfd. oder 1 Kil. Wasser erzeugen muß; und

2) das Gewicht eines gegebenen Volums Dampf von jeder Temperatur.

Fragen wir z. B., wie viel franz. Cub.' Dampf von 135° aus 1 Pfd. Wasser erhalten werden, so findet es sich also:

1 Pfd. Wasser giebt 24$\frac{2}{7}$ Cub.' Dampf von 100° und von 0,000588 Dichtigkeit.

Die Dichtigkeit des Dampfes bei 135° ist = 0,001604

Die Volume verhalten sich umgekehrt wie die Dichtigkeiten; wir setzen also:

wie 1604 : 588 so 24$\frac{2}{7}$: x — oder 8$\frac{4}{5}$ C.'

Oder fragen wir, wieviel Pfunde z. B. 72 Cub.' Dampf von 140° C. wiegen?

72 C.' Dampf von 100° wiegen 72 $\times \frac{7}{10}$ oder 7$\frac{1}{5}$ Pfund.

Da die Dichtigkeit aber bei 140° = 0,001818, so verhält sie sich zu der des einfachen Dampfes wie 1818 : 588; und da die Gewichte sich verhalten wie die Dichtigkeit, so haben wir:

588 : 1818 = $7\frac{1}{8}$: x oder $22\frac{1}{4}$ Pfd.

Bei metrischen Maßen ergiebt sich das Gewicht von 1 Cub.Meter jedes Dampfes sofort aus dem Dichtigkeitsverhältnisse. —

Denn da 1 Cub.Meter Dampf bei 100° (dessen Dichtigkeit = 0,000588) 0,588 Kil. wiegt: so wiegt 1 Cub.Meter D. bei 140° C. — 1,818 Kil. (weil die Dichtigkeit = 0,001818).

Sehr bemerkenswerth endlich ist, obschon aus der obigen Erklärung der Dichtigkeitsberechnung leicht begreiflich, daß die Expansivkraft in stärkerem Verhältnisse als die derselben Temperatur zugehörige Dichtigkeit wächst.

Bei 122° ist die Elasticität bereits die doppelte, die Dichtigkeit aber nur wie 588 : 1111 gestiegen.

Bei 161° ist die Dichtigkeit auf's Fünffache gestiegen, die Expansivkraft aber bereits fast die von 6 Atmosphären Druck.

Wir werden sehen, daß dieser Umstand bei Anwendung eines hochdrückenden Dampfs besondere Beachtung verdient.

Die folgende Tafel giebt: an 1) wie viele Liters (Cub. Decim.) saturirter Dampf von jeder Pression und der ihr zukommenden Temperatur auf 1 Kil. gehen, und 2) wieviel Kil. 1 Cub.Meter desselben wiegt.

Tafel III.

Druck in Atm.	Liter auf 1 Kil.	Gewicht 1 Cub. Met. in Kil.	Druck in Atm.	Liter auf 1 Kil.	Gewicht 1 Cub. Met.
1	1700,0	0,588	$4\frac{1}{2}$	428,4	2,334
$1\frac{1}{4}$	1384,4	0,722	$4\frac{3}{4}$	406,8	2,457
$1\frac{1}{2}$	1171,6	0,854	5	389,4	2,568
$1\frac{3}{4}$	1016,7	0,984	$5\frac{1}{4}$	372,3	2,690
2	899,9	1,111	$5\frac{1}{2}$	356,9	2,802
$2\frac{1}{4}$	808,0	1,238	$5\frac{3}{4}$	342,8	2,917
$2\frac{1}{2}$	733,4	1,363	6	329,6	3,033
$2\frac{3}{4}$	672,4	1,487	$6\frac{1}{4}$	317,6	3,149
3	620,7	1,611	$6\frac{1}{2}$	306,6	3,261
$3\frac{1}{4}$	576,8	1,734	$6\frac{3}{4}$	296,3	3,374
$3\frac{1}{2}$	539,1	1,855	7	286,7	3,488
$3\frac{3}{4}$	506,1	1,972	8	254,3	3,934
4	477,0	2,096	9	282,7	4,373
$4\frac{1}{4}$	451,0	2,217	10	208,0	4,808

Die erste dieser Col. zeigt zugleich und überhaupt das relative Volum des Dampfes zum Wasser (von 0°) und die zweite das relative oder spec. Gewicht des Dampfes (zum Wasser = 1000). — Denn, da 1 Liter = 1 Cub. Decim. Wasser, und dieses 1 Kil. wiegt, so muß auch 1 Cub.' Wasser 477 Cub.' Dampf von 4 Atm. geben, wenn soviel Liter auf 1 Kil. gehen, und wenn das spec. Gewicht des einfachen Dampfes = 0,000588 ist, so wird das des vierfachen = 0,002096 sein (das kalte Wasser = 1 genommen).

Setzt man die Dichte des Dampfes von 1 Atm. Druck = 1, so verhält sie sich bei höherem Druck also:

$1\frac{1}{4}$	Atm.	1,23	$2\frac{1}{4}$	Atm.	2,10	$3\frac{1}{4}$	Atm.	2,95	$4\frac{1}{4}$	Atm.	3,77
$1\frac{1}{2}$	„	1,45	$2\frac{1}{2}$	„	2,32	$3\frac{1}{2}$	„	3,15	$4\frac{1}{2}$	„	3,97
$1\frac{3}{4}$	„	1,67	$2\frac{3}{4}$	„	2,53	$3\frac{3}{4}$	„	3,36	$4\frac{3}{4}$	„	4,17
2	„	1,89	3	„	2,74	4	„	3,56	5	„	4,37

Relatives Volum des Dampfes nach Pambour.

Pambour *) glaubt, das relative Volum des Dampfes nach zwei besondern Formeln berechnen zu sollen, je nachdem nämlich die Verhältnisse für Maschinen mit oder ohne Condensator zu bestimmen sind. Ohne seine Gründe zu untersuchen, mag die folgende Tafel zeigen, wie das relative Volum, sowohl nach der bisherigen als nach seinen neuen Formeln berechnet, abnimmt, wenn der Druck von ½ Kil. bis auf 10 Kil. per □ Centim. steigt.

Druck per □. C.M.	Volum zum Wasser		
	nach gewöhnl. Rechnung	für Maschinen mit Cond.	für Maschinen ohne Cond.
0,5 Kil.	3329		
1,0	1751	1751	
1,5	1205	1197	1178
2,0	925	909	922
2,5	754	733	758
3,0	638	614	643
3,5	554	528	558
4	490	463	494
5	400	372	400
6	339	311	337
7	294	267	291
8	261	234	256
9	234	208	228
10	213	188	206

Elasticität und Dichtigkeit des Dampfes unter 100°.

Schon Cavendish zeigte, daß Wasser auch in einem luftleeren Raume und bei ganz niederer

*) Théorie de la Mach. à vap., p. 96.

Temperatur einen Dampf bildet, der, so dünn er ist, den ganzen Raum erfüllt. Er fand, daß dieser Dampf bei 72° F. (22° C.) eine Quecksilbersäule von etwa ¾" Höhe zu tragen vermöge. Später stellten Bétancourt u. A. Untersuchungen darüber an, noch glaubten sie aber, diese Dampfbildung habe nur bei einer Wärme über 0° statt. Genau sind die Dichtigkeits- und Elasticitäts-Verhältnisse des Dampfes bei allen tieferen Temperaturgraden erst durch Dalton's und einiger Neuerer Versuche bestimmt worden.

Es geht aus diesen Untersuchungen hervor:

1) Daß sich aus Wasser bei jeder Temperatur und auch weit unter dem Eispuncte, Dampf entbindet, und zwar unter dem gewöhnlichen Luftdrucke, sowie im luftleeren Raume; und

2) daß auch diesem Dampf, als gesättigtem, bei jeder Temperatur ein bestimmter Grad von Dichtigkeit und Elasticität zukomme.

Ist Wasser in einem geschlossenen Gefäße voll Luft, so entsteht nichtsdestoweniger ein gleiches Volum Dampf, von der seiner Temperatur entsprechenden Dichtigkeit; die Luft wird um das Gewicht dieses dünnen Dampfes schwerer, und die Elasticität derselben um die Elasticität des Dampfes vermehrt. Hat dieser Dampf z. B. bei 25° eine Elasticität von ¾", so wird die Luft, wenn sie trocken bei dieser Temperatur eine Elasticität von 28" hat, durch Aufnahme des Dampfes eine Elasticität von 28¾" erlangen.

Rein oder ohne Vermischung mit Luft kann solcher Dampf auf verschiedene Weise gebildet werden:

1) Unter Recipienten, aus denen man sorgfältig die Luft ausgepumpt hat.

2) In Gefäßen, in denen Wasser zum Sieden gebracht wird, und die man verschließt, nachdem der Dampf alle Luft ausgetrieben hat. Wird das Ge-

geschlagen. Immerhin entsteht, wie schon bemerkt, kein eigentliches Vacuum.

Tafel V.

Zunahme der Spannkraft nach Biot.

Wir geben hier noch einen kurzen Auszug aus der Tafel, die Biot 1841 der Akademie vorlegte, und welche die von ihm nach einer eigenen und derselben Formel von Grad zu Grad berechnete Spannkraft der Dämpfe angiebt.

Man sieht daraus, daß diese für 1° C. zunimmt: bei 122° um 5 Centim.; bei 15° um 10 Centim.; bei 170° um 15 Centim.; bei 190° um 22 Centim.; bei 210° um 30 Centim.; bei 240° um 48 Centim.; und bei 280° um 74 Centim. oder fast um 1 Atmosphäre.

Temperatur	Spannkraft	Temperatur	Spannkraft	Temperatur	Spannkraft
0° C.	4 Mm.	100° C.	76 Cm.	170°	609 Cm.
10°	8,6	105°	91	180°	775
20°	17,1	110°	108	190°	974
30°	31,6	115°	127	200°	1210
40°	55,5	120°	149	210°	1489
50°	93,1	125°	175	220°	1813
60°	150	130°	204	230°	2187
70°	235	135°	237	240°	2614
75°	290	140°	274	250°	3098
80°	350	145°	316	260°	3642
85°	434	150°	362	270°	4248
90°	526	155°	415	280°	4919
95°	634	160°	473	300°	6470

Tafel IV.

Elasticität und Dichtigkeit der Dämpfe unter 100°.

Temperatur.	Druck		Dichtigkeit zum Wasser = 100°
	in C.M.	in Atm.	
0° C.	0,47	0,006	0,0037
10	1,00	0,013	0,0079
15	1,45	0,018	0,011
20	1,94	0,025	0,015
25	2,65	0,036	0,021
30	3,55	0,046	0,029
35	4,69	0,062	0,038
40	6,13	0,080	0,050
45	7,91	0,104	0,064
50	10,11	0,132	0,082
55	12,74	0,167	0,104
60	16,05	0,21	0,130
65	19,96	0,26	0,162
70	24,63	0,33	0,199
75	30,20	0,40	0,243
80	36,77	0,48	0,294
85	44,67	0,59	0,353
90	53,50	0,70	0,422
95	64,00	0,84	0,500
100	76,16	1,—	0,589

Mit Hülfe dieser Tafel lassen sich die Wirkungen der Erkaltung und Condensation leicht finden.

Enthält ein Gefäß z. B. 1 Pfd. Dampf von 100° und wird es bis 50° erkältet, so hat der erkältete Dampf nur noch eine Pression von 10,11 Centim., und derselbe wiegt nur noch $\frac{82}{589}$ oder kaum $\frac{1}{7}$ Pfd. Ueber $\frac{6}{7}$ Pfd. Wasser werden daraus nieder-

nicht befremden, daß auch hier die Ergebnisse ziemlich abweichend sind. Die meisten und genauesten Versuche schwanken indessen zwischen 630 und 650, so daß man den Wärmegehalt des Dampfes ohne Bedenken zu 640 w annehmen darf.

Es fragt sich nun aber, ob dieser Wärmegehalt für allen Dampf, von welcher Temperatur und Dichtigkeit er ist, derselbe sei? und diese Frage ist bis jetzt noch nicht vollkommen entschieden.

Nach den Einen ist der Totalgehalt an Wärme eine constante Größe; nach Andern der Gehalt an latenter Wärme.

Nach den Ersten enthält jede Art von Dampf 640 w; und Dampf von 130° C. also 130 w an freier und nur 510 w an latenter Wärme.

Nach der zweiten Ansicht hingegen enthält aller Dampf 540 w an latenter Wärme, und Dampf von 130° enthielte im Ganzen 540 + 130 oder 670 w.

So wichtig es unstreitig wäre, besonders zur Würdigung der Anwendung des Hochdruckdampfs, daß man über die eine oder die andere dieser Meinungen zu völliger Gewißheit käme, so dürfen die noch obwaltenden Zweifel doch nicht befremden, wenn man bedenkt, daß der Unterschied des absoluten Wärmegehaltes bei mäßig drückendem Dampfe nach beiden Ansichten nicht groß ist; Versuche aber mit hochdrückendem mit sehr bedeutenden Schwierigkeiten verbunden sind.

Nach unserm Dafürhalten ist indessen die erstere dieser Ansichten, obschon auch gewichtige Autoritäten der zweiten beipflichten (wie T r e d g o l d, F o u r i e r, K a i n z z. B.), die ungleich wahrscheinlichere; und wir nehmen keinen Anstand, bei allen unsern Berechnungen den a b s o l u t e n W ä r m e g e h a l t d e s D a m p f e s bei allen Graden von Temperatur und

Dichtigkeit als eine constante Größe anzusehen, und diesen für jedes Pfund Dampf = 640 w zu setzen.

Theoretische Gründe sowohl, als die meisten Versuche (besonders die von Southern und Creighton mit Dampf von 40,80 und 120" Druck) scheinen entschieden für diese Ansicht zu sprechen.

Es wird angenommen, daß der absolute Wärmegehalt eine constante Größe ist, und daß 640 w stets erforderlich sind, um aus 1 Pfd. Wasser von 0° 1 Pfd. Dampf zu erzeugen. Ist die Temperatur des Wassers = 20°, so bedarf es nur 620 w; ist sie = 40° nur 600 w.

Und da diese 600 w in diesem Falle etwa 24 Cub.' Dampf von der Dichtigkeit bei 100° liefern, so würde dieselbe Wärmemenge 12 Cub.' Dampf von doppelter und 6 Cub.' Dampf von vierfacher Dichtigkeit erzeugen, weil diese Dampfvolume stets dasselbe oder 1 Pfd. wiegen. Oder es bedarf 4 × 600 oder 2400 w, um 24 Cub.' von vierfacher Dichtigkeit zu erzeugen.

Da nun aber viermal dichterer Dampf eine 4½fache Expansivkraft hat, so geht daraus hervor, daß dasselbe Wärmequantum eine größere Kraft hervorbringt, wenn es zur Erzeugung eines dichtern Dampfes verwendet wird.

Ein Umstand ist jedoch nicht zu übersehen, wenn daraus auf den Vortheil, dichten Dampf zu produciren, geschlossen werden will. Je dichter der Dampf ist, desto höher ist auch seine Temperatur, sowie die des siedenden Wassers; und je höher diese Temperatur ist, desto schwieriger nimmt es Wärme aus dem gleichen Feuer auf. Das Einströmen der Wärme richtet sich nämlich nach dem Temperaturunterschiede des Feuers und des Wassers. Hat das Feuer z. B. eine Temperatur von 800°, und das Wasser eine

von 100°, so beträgt der Unterschied 700°; nur 650 hingegen, wenn das Wasser 150° heiß ist. Wir werden auf diesen Umstand, den wir hier nur andeuten, in der Folge noch zurückkommen.

6) Ob die Temperatur des Dampfes mit der des ihn erzeugenden Wassers stets übereinstimme.

Es ist Thatsache, daß eine Flüssigkeit nicht eher sieden kann, als bis der austretende Dampf den auf ihr lastenden Druck zu überwinden vermag, oder diesem an Elasticität gleich kommt; daß unter dem gewöhnlichen Luftdrucke das Sieden erst bei einer Temperatur von 100° eintritt, weil bei dieser erst die Elasticität des Wasserdampfs dem Luftdrucke gleich ist; daß endlich in einem verschlossenen Gefäße, sowie der Dampfdruck und mit demselben die Temperatur des Dampfes steigt, ganz gleichmäßig auch der Siedepunct des Wassers steigen muß; und man sieht daher als Gesetz an, daß der aus einer siedenden Flüssigkeit sich entbindende Dampf stets und genau dieselbe Temperatur haben muß, welche die Flüssigkeit besitzt, und umgekehrt.

Auch stehen damit keineswegs die vorhin betrachteten Phänomene der spontanen Dampfbildung im Widerspruch; und noch weniger, daß z. B. reiner Weingeist schon bei 79° siedet, denn aus diesem bildet sich Weingeistdampf, dessen Elasticität schon bei 79° der der Atmosphäre gleich ist.

Inzwischen kann das obige Gesetz, sowie wir es ausgedrückt, nicht als völlig richtig gelten.

Schon die Beschaffenheit des Gefäßes scheint den Siedepunct etwas modificiren zu können, denn man fand z. B., daß, während siedendes Wasser in einem metallenen Gefäße genau 100° zeigte, solches in einem gläsernen 101° heiß wurde, und die Tempera-

tur auf 100° sank, wenn man gepülvertes Glas oder Metall hineinbrachte, obschon der Dampf ohne Zweifel in allen diesen Fällen dieselbe Temperatur und Elasticität hatte.

Weit auffallender aber ergiebt sich eine Abweichung bei siedenden Salzauflösungen; solche müssen nämlich, bevor sie sieden, oft weit heißer werden, als reines Wasser. Da nun der entstehende Dampf unmöglich elastischer als die Luft, in die er aufsteigt, sein kann, so nahm man an, daß in diesem Falle sich überhitzter Dampf bilde, obschon man besonders seit den Untersuchungen von Rudberg bestimmt weiß, daß auch siedendes Salzwasser, trotz seiner höhern Temperatur, Dampf von 100° erzeuge; und daß also, sowie dieser Dampf reiner Wasserdampf ist, er auch genau die seiner Druckkraft entsprechende Temperatur behauptet.

Ohne Zweifel besteht eine ähnliche Temperatur-Verschiedenheit auch, wenn Dampf von höherem Drucke erzeugt wird, obschon bis jetzt Beobachtungen darüber zu fehlen scheinen. Erzeugen wir in einem Gefäße solchen Dampf aus starkem Salzwasser, so wird, wenn der Druck z. B. eine Pression von 3 Atmosphären erlangt hat, dieser 135° Wärme, die Flüssigkeit hingegen 140° oder mehr erzeugen.

Es liegt am Tage, daß dieser Umstand bei Maschinen, die Seewasser verwenden, nicht unbeachtet bleiben darf, denn, so gering auch der Salzgehalt des Meeres ist, so wird das Kesselwasser allmälig doch zu einer gesättigten Salzsolution, deren Siedepunct wohl um 7° und mehr von dem des süßen Wassers differiren mag.

Klar ist jedoch, daß diese abnorme Temperaturerhöhung nie eine plötzliche spontane Dampfbildung veranlassen kann, da nicht einzusehen ist, wie sich der Salzgehalt während des Siedens je vermindern sollte.

Zu bemerken ist ferner, daß der Dampf bei seiner Bildung am Boden eines, zumal tiefen Kessels eine etwas höhere Spannung haben, und wie die unterste Wasserschicht etwas wärmer sein muß, als der aus der Flüssigkeit entweichende, weil jener außer dem Dampfdruck noch den der Wassersäule erleidet.

7) Spontane Dampfentwicklung.

Da das Wasser unter einem gegebenen Luft- oder Dampfdruck nur bis zu einem bestimmten Temperaturgrade erwärmt werden kann, so muß sich aus Wasser, das diese Maximaltemperatur erreicht, Wärme ausscheiden, sowie jener Druck vermindert wird, und dieser Austritt von Wärme von selbst die Entstehung von Dampf, oder ohne daß das Wasser Wärme von Außen erhält, veranlassen.

Eine solche spontane Dampfentwicklung findet statt, wenn warmes Wasser unter den Recipienten einer Luftpumpe gebracht, und die Luft verdünnt wird. Denn da z. B. Dampf von 60° eine Elasticität von 5½" hat, so wird, wenn heißeres Wasser unter einem Recipienten steht und die Luft bis unter 5½" Druck verdünnt wird, sofort eine ungebinderte Dampfentbindung eintreten, oder das Wasser zu sieden anfangen; und dieses Sieden muß so lange dauern, bis die Temperatur des Wassers die dem Drucke der Luft und des Dampfes angemessene ist.

Unter spontaner Dampfentwicklung verstehen wir aber hier vornehmlich diejenige, die statt findet, wenn Wasser unter einem höhern Drucke über 100° erhitzt wird, und dieser Druck nachläßt und wieder auf den gewöhnlichen von 1 Atmosphäre sich vermindert. Wie bedeutend oft die Menge dieses wie von selbst sich bildenden Dampfes sein kann, und wie wichtig also die Beobachtung dieser Erscheinung

bei Dampfmaschinen ist, wird aus Folgendem ersichtlich.

Enthält der Kessel einer Maschine von 20 Pfd., die per Minute 20 Pfd. Dampf und also etwa $\frac{1}{3}$ Cub.' Wasser verbraucht, 100 Cub.' Wasser und ebensoviel Dampf von 2 Atmosphären Druck, so wird dieser, sowie das Wasser 122° heiß sein; das Gewicht des Wassers (den Cub.' zu 60 Pfd. gerechnet) 6000 Pfd. betragen, und dessen totaler Wärmegehalt $6000 \times 122\ w = 732000\ w$.

Gesetzt nun, bei'm Abstellen der Maschine werde nicht nur das Dampfrohr verschlossen und das Feuer gelöscht, sondern zugleich die Sicherheitsklappe geöffnet, so wird, bleibt diese offen, so lange Dampf ausströmen, bis der Druck im Kessel dem der Luft gleichkommt; überdies aber die Temperatur des gesammten Kesselwassers bis auf 100° sich erniedrigen und daher, obgleich es keine neue Wärme erhält, fortsieden müssen.

Da alle Wärme, die es verlieren muß, Dampf bildet, und 1 Pfd. Dampf stets 640 w enthält, so wird das Quantum Dampf, das sich erzeugen muß, bis das übrige Wasser nur noch 100° heiß ist, also zu finden sein:

Dieses Quantum sei $= x$, so entzieht es an Wärme $640\ x$, und das übrig bleibende Wasser ($6000 - x$ Pfd.) behält noch $600000 - 100\ x$, und diese beiden Quantitäten müssen $= 732000\ w$ sein; oder $540\ x = 132000$ und $x = 244\frac{4}{9}$ Pfd.

Durch spontantes Sieden werden also nicht weniger als $244\frac{1}{2}$ Pfd. Dampf entstehen, die 156550 w enthalten, während $5755\frac{1}{2}$ Pfd. Wasser mit 575550 w im Kessel zurückbleiben und hiermit fast $\frac{1}{5}$ der Wärme entweichen oder verloren gehen.

In der Regel mag zwar kein Grund vorhanden sein, bei'm Abstellen jene Klappe zu öffnen und

offen zu halten, bis die Temperatur auf 100° zurückgegangen; auch wird dies leicht zu erzielen sein, ohne ein solches spontanes Sieden zu veranlassen, wenn man einige Zeit vor dem Abstellen den Zufluß des Speisewassers hemmt und das Feuer mäßigt und nach demselben kaltes Wasser einströmen läßt.

Die Dampfproduction wird nämlich auch bei etwas schwächerer Heizung dieselbe sein, weil, fließt kein kaltes Wasser zu, 1 Pfd. Dampf nur wenig über 500 w kostet, das Kesselwasser aber wird abnehmen. Würde man nun in obigem Kessel 30 Minuten vor dem Abstellen die Speisung unterbrechen, so verminderte sich das Wasser um 10 Cub.' oder 600 Pfd. und das noch vorhandene enthielte 5400 $\times$ 122 oder 658800 w. Es fragt sich also blos, wieviel kaltes Wasser von gegebener Temperatur man nun einströmen lassen muß, damit das gesammte die von 100° erlange, und dieses Quantum oder q wird, abstrahirt man von allem sonstigen Wärmeverlust, also zu finden sein:

Das Wasser enthält an Wärmetheilen 658800 + 20 q und soll (5400 + q) 100 enthalten; setzt man beide gleich, so finden wir 80 q = 118800 und q = 1485 Pfd.

Verwandelte sich obiges Wasser in lauter einfachen Dampf, so würde das Volum nicht weniger als 24 $\times$ 245 oder 5880 Cub.' betragen; und es müßten also auch diese und nicht blos jene 50 Cub.' doppelter Dampf durch die Klappe entweichen, und alles dies in dem Falle sogar, daß der Kessel keine Wärme mehr empfängt.

Wie leicht zu sehen, wird das Volum dieses Dampfes zwar minder groß sein, denn, sowie die Klappe sich öffnet, und der Dampfdruck etwas nachläßt, wird sogleich die spontane Dampfbildung beginnen, und auch dieser Dampf anfangs ein dichterer

in wird das **Gewicht** desselben und
hervorgehende Wärmeverlust der ange=

hängt die Menge des sich also erzeu=
pfes von **der Menge des Kessel=**
d dessen Temperatur von 100° ab, und
so kleiner sein, je weniger Wasser der
, und je weniger dieses heiß ist.
s ferner die Dampfmasse ist, die sich
Umständen oft erzeugen muß, so ist doch
n, daß dadurch eine **Explosion** des
facht werden könne. Das spontane
wohl plötzlich ein, dauert aber lange;
nnkraft des Dampfs muß stufenweise
d ohne je der des normalen Dampfs,
ie Maschine arbeitet, gleichzukommen.
eifeln ist hingegen, daß bei Oeffnung
umal wenn diese groß ist, ein sehr tu=
Aufwallen eintreten und das Wasser an
spritzt werden muß, und daß, sind diese
allzutiefem Wasserstande stark überhitzt
hend, dann eine gefährliche Dampfer=
aben kann. Diese abnorme Dampf=
fenbar aber nicht den spontanen beizu=

That haben jedoch ähnliche Erscheinun=
ndern Fällen, wenn auch in weit ge=
de, statt. Sowie nämlich dem Kessel=
gend einem Wege, wie durch plötzliche
der Dampfklappe oder Oeffnung des
mehr Abfluß verschafft wird, tritt sofort
vallen des Wassers, auf Augenblicke
n; sowie der Manometer eine ähnliche
zeigen wird.
nan ein mit **Wasser gefülltes** Ge=
ichender Stärke und das mit einem be=

schwerten Ventil versehen ist, so wird auch die Temperatur des Wassers weit über 100° gesteigert werden können, seine Spannkraft mit der Temperatur wachsen, das Ventil sich heben und etwas Wasser entweichen, und sofort zu Dampf werden, sowie jene Kraft den Druck auf das Ventil übersteigt. Auch wird man ohne Zweifel, erhält man das Gefäß mittelst einer kleinen Druckpumpe beständig voll, eine anhaltende Folge solcher Dampfausstoßungen hervorbringen können. Obschon jedoch diese Vorrichtung geeigneter als ein Kessel sein mag, das Wasser bis zu einer ungewöhnlich hohen Temperatur zu erhitzen, so ist durchaus nicht einzusehen, daß auf diese Weise Dampf mit Vortheil und mit weniger Brennstoff zu erzeugen sei. Auch ist von dem Generator des berühmten Perkins, der auf diesem Princip beruhte und anfangs so sehr viel Aufsehen machte, längst nicht mehr die Rede.

Aus den Gesetzen der spontanen Dampfbildung ergiebt sich ferner, welchen hochwichtigen Einfluß die Hitze des Kesselwassers auf die Erhaltung der Spannkraft des Kesseldampfes ausüben muß, obschon wir uns vorbehalten, diesen erst später näher zu betrachten.

Hingegen wollen wir schließlich noch auf die Dampferzeugung aufmerksam machen, die oft und in reichlichem Maße bei'm Kaltwerden des Kesseldampfs stattfinden muß.

Es ist klar, daß, wenn die Feuerung und Dampferzeugung in einem Kessel unterbrochen werden, die Decke derselben sehr bald eine Erkältung von Außen erleidet und dadurch auch der im obern Raume eingeschlossene Dampf an Wärme und Spannkraft verlieren muß; daß zuletzt der äußere Luftdruck weit stärker als der Gegendruck des Dampfs werden mag, und dies eine Verbiegung oder gar eine Zerdrückung des Kessels zur Folge haben kann. Auch hat man

die Berstung eines Kessels öfters schon dieser Ursache zugeschrieben, und empfiehlt daher, zumal an großen und schwächern Kesseln mit schwachen Wandstücken, sogenannte Luftventile anzubringen, oder Klappen, die sich einwärts öffnen, sowie der Luftdruck überwiegend wird.

So wenig wir nun die Möglichkeit einer solchen Zusammendrückung bezweifeln, so scheint uns doch, daß man sich von dem Hergange meist eine unrichtige Vorstellung macht, und daß eine solche Luftklappe noch mehr aus andern Gründen nützlich ist. Offenbar muß nämlich, sowie der eingesperrte Dampf durch Erkältung nur um weniges dünner wird, sofort das heißere Kesselwasser Dampf erzeugen, und dies so lange fortdauern, bis alles Wasser auch die Temperatur der Kesseldecke und des Dampfes erlangt hat. Kann diese also bis 50° z. B. sinken, wobei der Druck des Dampfes allerdings 7½mal schwächer als der der Atmosphäre ist, so kann letzteres doch nur statt haben, wenn auch das Wasser bis 50° sich abgekühlt hat. Daraus folgt, daß sich jene Condensirung des Dampfs nur sehr langsam und allmälig und nicht fast plötzlich, wie man oft meint, ergeben kann, zugleich aber, daß sie einen sehr bedeutenden Wärmeverlust nach sich zieht, weil, obgleich die Decke unmittelbar nur den Dampf erkältet, doch auch alles Wasser allmälig kälter werden muß. Diese spontane Dampfbildung, und daher auch diese Abkühlung unter 100° wird hingegen verhindert, wenn die äußere Luft in den Kessel Zutritt hat.

Anders verhält es sich freilich, wenn der Kessel Hochdruckdampf enthält, und doppelt wichtig ist demnach durch äußere Bedeckung die Abkühlung zu verzögern.

8) Temperatur und Elasticität des Dampfes, wenn er durch eine kleine Oeffnung entweichen kann.

In einem offenen Gefäße kann das Wasser nicht über 100° erwärmt werden. In einem dicht ver-

schlossenen kann die Temperatur so lange steigen, als dem Kessel noch Wärme zugeführt wird Anders wird es sich verhalten, wenn in dem Deckel eine kleine Oeffnung vorhanden ist, durch welche Dampf entweichen kann. Eine solche Oeffnung wird die Anhäufung des Dampfes verzögern und überdies die Elasticität limitiren.

Ist sie so klein, daß weniger Dampf entweicht, als producirt wird, so muß fortdauernd die Elasticität und die Temperatur des Dampfes wachsen. Da aber bei zunehmender Spannung auch die Geschwindigkeit zunimmt, mit der der Dampf ausströmt, so muß endlich die Menge des ausströmenden Dampfes der des gleichzeitig erzeugten gleichkommen, und somit für die Temperatur wie für die Elasticität eine Grenze oder ein Maximum eintreten, das bei einer vorhandenen Oeffnung nicht überstiegen werden kann.

Dieses Maximum wird um so früher eintreten, je größer die Oeffnung ist, wenn die Dampfproduction dieselbe bleibt.

Ebenso wird es geringer sein, wenn bei gleichbleibender Oeffnung die Dampferzeugung oder die Feuerung (bei sonst gleichen Umständen) vermindert wird.

Es ist endlich klar, daß, 1) wenn bei fortdauernder Dampfproduction Temperatur und Spannung desselben unverändert bleiben sollen, die Menge des entweichenden Dampfes der des stetig producirten gleich sein muß, und daß, wenn man diese kennt, sich die Geschwindigkeit, mit der der Dampf ausströmt, ausmitteln lassen muß

Es ist zu bedauern, daß bis jetzt noch wenige Versuche über diesen merkwürdigen Einfluß einer Oeffnung auf die Spannung und Temperatur, die der Dampf erlangen kann, angestellt worden sind, und um so schätzbarer sind daher die von Christian in Paris unternommenen.

Dieser Physiker bediente sich zu dem Ende eines Kessels, der 1) mit einem eingesenkten Thermometer versehen war, um die Temperatur des Dampfes zu erkennen, 2) mit einem Schwimmer, um an dem Sinken desselben die Menge des verdampften Wassers wahrzunehmen, 3) mit einer dünnen Röhre, um den Kessel mittelst einer Druckpumpe nachzufüllen, und 4) mit einer kurzen Röhre, an deren Mündung Platten mit Oeffnungen von verschiedener Weite dampfdicht befestigt werden konnten.

Die innere Fläche des Kessels betrug 364,000 □ Mill. (487 □') und wurde gewöhnlich mit 10 Kilogr. (10 Liter) Wasser gefüllt, die eine Fläche von 190,000 □ Mill. (254 □'') bedeckten.

Dieser Kessel wurde bei den ersten Versuchen einem sehr heftigen Feuer ausgesetzt.

Die Versuche ergaben, jenachdem die Oeffnung verändert wurde, folgende Temperaturlimiten:

bei einer Oeffnung von	36	□ Mill.	105½°	Temp.
„	„	18	„	115	„
„	„	9	„	138	„
„	„	30½	„	112	„
„	„	122	„	101	„

Bei einer Oeffnung von 490 Mill., sowie bei ganz offenem Kessel 100° (da das Barometer auf 76,2 Cent. stand).

In allen Versuchen wurde ferner in 3 Minuten 1 Kil. Wasser verdampft.

Demnach kann auch bei'm heftigsten Feuer das Wasser nicht über 101° heiß werden, wenn die Oeffnung, durch welche Dampf entweicht, $\frac{1}{1560}$ der Feuerfläche beträgt; nicht über 112° heiß, wenn sie $\frac{1}{6240}$ derselben groß ist; und nicht über 138°, wenn sie $\frac{1}{21000}$ derselben ist; und eine so kleine Oeffnung limitirt also auch bei'm heftigsten Feuer die Spannung auf etwa 3½ atmosphärischen Druck.

Bei einer **zweiten** Reihe von Versuchen wurde das Feuer so gemäßigt, daß die Wärme stets auf 101° blieb, wenngleich die Oeffnung verändert wurde. Die Elasticität des Dampfes blieb sich also gleich (= 1,03 Atmosphären) und hiermit auch die Geschwindigkeit, mit der er ausströmte. Je kleiner also die Oeffnung war, desto weniger Dampf oder desto langsamer mußte er producirt werden, weil desto weniger entweichen konnte.

Die Versuche ergaben, daß 1 Kil. Dampf

bei	36 □	Mill. Oeffnung	$8\frac{1}{2}$	Min.	Zeit brauchte.
"	18	" "	18	"	"
"	9	" "	34	"	"

Durch eine **dritte** Reihe von Versuchen wurde endlich ausgemittelt, wieviel Zeit 1 Kil. Dampf bei höherer Temperatur und stärkerer Elasticität braucht, um durch eine Oeffnung von gleicher Weite zu entweichen; und diese fand sich also bei einer Oeffnung von 9 □ Mill.

Für Dampf von	105°	13	Min.	Für Dampf von	125°	$4\frac{1}{2}$	M.
"	110°	$8\frac{1}{2}$	"	"	130	$3\frac{7}{8}$	"
"	115°	$6\frac{1}{6}$	"	"	135	3	"
"	120	$5\frac{1}{3}$	"				

Mit welcher ausnehmenden Geschwindigkeit der Dampf ausströmen muß, läßt sich aus folgender Berechnung einsehen.

Zum Ausströmen von 1 Kil. Dampf von 110° bedarf es nach Obigem $8\frac{1}{2}$ Min. oder 510 Sec. Zeit. Da nun 1 Cub.Meter dieses Dampfes 0,805 Kil. wiegt, so muß 1 Kil. Dampf ein Volum von $\frac{1000}{805}$ oder circa $\frac{5}{4}$ Cub.Meter bilden. Und da in 1 Sec. $\frac{1}{510}$ dieser Masse oder $\frac{5}{2040} = \frac{1}{408}$ ausströmt, und zwar durch eine Oeffnung, die nur $\frac{9}{1{,}000{,}000}$ oder

$\frac{1}{111,111}$ □ Met. groß ist, so muß der Dampfstrahl eine Länge oder eine Geschwindigkeit von 272 Met. per Sec. haben.

In der That wird aber diese Geschwindigkeit noch um ein Bedeutendes größer sein müssen, da, so oft eine Flüssigkeit durch eine kleine Oeffnung ausströmt, der ausfließende Strahl beträchtlich sich contrahirt oder dünner wird.

Wir werden sogleich sehen, wie diese Geschwindigkeit theoretisch berechnet wird, und daß obige Versuche mit diesen Berechnungen auf eine merkwürdige Weise übereinkommen.

9) Geschwindigkeit, mit welcher Dampf aus einer Oeffnung strömt.

Die Theorie geht von der Ansicht aus, daß Dampf (sowie Luft) mit derselben Geschwindigkeit aus einer Oeffnung in einen leeren Raum strömen muß, welche ein fallender Körper erhalten würde, wenn er von einer Höhe (H) herabfällt, die der Höhe einer Dampfsäule von gleichbleibender Dichtigkeit gleichkäme, deren Gewicht der Elasticität des Dampfes gleich wäre.

Einfacher Dampf von 1 Atmosphäre oder 0,76 Met. Druck ist 1700mal leichter, als Wasser; und mithin 1700 × 13,6 oder 23,120mal leichter, als Quecksilber. Eine Säule von solchem Dampf, die einen Druck von 0,76 Met. ausübt, würde also 0,76 × 23120 oder 17571 Met. hoch sein.

Ein Körper, der von solcher Höhe frei herunter fiele, erlangte eine Geschwindigkeit per Sec. von

$V = \sqrt{2\,g \times 17571}$ oder da $2\,g = 19,62$ M.*)

$V = \sqrt{19,6 \times 17571} = \sqrt{344391} = 587$ M.

*) Wenn g den doppelten Fallraum in der 1 Sec. bezeichnet.

Der Theorie nach würde hiermit einfacher Dampf in einen leeren Raum mit einer Geschwindigkeit von 587 Met. in 1 Sec. ausströmen.

Jene Höhe H, welche die Geschwindigkeit erzeugt, findet sich auch, wenn man die Quecksilberhöhe h (die den Dampfdruck angiebt, mit dem Dichtigkeitsverhältniß des Quecksilbers zum Dampfe multiplicirt. Da nun 1 Cub.Meter Quecksilber 13598 Kil. wiegt, und 1 Cub.Meter Dampf 0,5896 Kil., so ist das Dichtigkeits- oder Pressions-Verhältniß $\frac{P}{P} = \frac{13598}{0,5896}$ u.

$$H = 0,76 \times \frac{13598}{0,5896} = 17571$$

und $V = \sqrt{2\, g \times h \times \frac{P}{P}}$

Wollen wir berechnen, mit welcher Geschwindigkeit Dampf von stärkerem Drucke in die Atmosphäre ausströmt, so müssen wir in die Formel, statt h (die Quecksilberhöhe der Atmosphäre), h' — h oder den barometrischen Unterschied des Dampfdrucks aufnehmen, und wir erhalten nun

$$V = \sqrt{\left(2\, g \times h' - h \times \frac{P}{P}\right)} \text{ oder}$$

$$V = \sqrt{\left(19,62 \times h' - 0,76 \times \frac{13598}{P}\right)}$$

oder $V = \sqrt{\frac{266760\ H}{P}}$ wenn $H = h' - h$.

Streng genommen sind diese Formeln freilich nur anwendbar, wenn die Differenz von h' und h klein ist.

Es ist demnach nur nachzusehen, wie stark der gegebene Dampfdruck ist, und wieviel 1 Cub.Meter dieses Dampfs wiegt.

Beispiel. Bei 105° C. ist der barometrische
= 0,898 Meter und das relative Gewicht
ampfes = 0,687 Kil. Wir haben daher

$$\sqrt{19{,}62 \times (0{,}898 - 0{,}760) \times \frac{13598}{0{,}687}}$$

$$= \sqrt{19{,}62 \times 0{,}138 \times 19793}$$

$$= \sqrt{53590} = 230 \text{ Meter.}$$

Dieser Dampf strömt also mit der Geschwin-
von 230 Met. per Sec. in die Luft aus. *)
Auf dieselbe Weise ist folgende Tafel berechnet:

…e- r	h'	H oder h' — h	P	$\frac{P}{P}$	V
	0,760 M	0 M.	0,5896 K	23120	0 M.
	0,898	0,138	0,687	19793	230
	1,059	0,299	0,800	16997	314
	1,237	0,477	0,922	14748	370
	1,433	0,673	1,054	12901	412
	1,672	0,912	1,214	11201	448
	1,958	0,198	1,405	9678	475
	2,280	1,520	1,615	8419	500

Ist die Geschwindigkeit des ausströmenden
…fes ermittelt, so ist leicht zu finden, wieviel
…f in einer gegebenen Zeit oder per Sec. durch
Sicherheitsklappe entweichen kann.

---

*) Für den Fall, daß das Dichtigkeitsverhältniß des
…es zur Luft (δ) bekannt ist, giebt Galy Cazalat
p. 133) die Formel:
$\ldots 245 + \sqrt{\frac{h' - h}{\delta}}$

Ist für Dampf von 105° V = 230 Met., und beträgt die Oeffnung der Klappe 15 □ Cm., so werden in 12 Sec. $12 \times \frac{15}{10000} \times 230$ Cub.M. oder 4,14 Cub.Met. ausströmen, vorausgesetzt nämlich, daß der Dampf stets dieselbe Temperatur behauptet.

10) Von der mechanischen Kraft des Dampfes, und zwar bei constant bleibender Dichtigkeit.

Wir haben bisher nur den Druck im Auge gehabt, den eingeschlossener Dampf bei verschiedenen Graden der Spannung auf die Wände des Gefäßes ausübt. Betrachten wir nun, mit welcher Kraft er gegen eine Fläche wirkt, wenn diese weichen kann, welches Gewicht er zu heben vermag, und auf welche Höhe. Es ist diese Untersuchung der mechanischen Kraft oder Wirkung des Dampfes um so wichtiger, da eben diese bei der Dampfmaschine benutzt werden soll.

Aus den früheren Erläuterungen geht hervor, daß der Dampf vermöge seiner Elasticität auf 4fache Weise eine Bewegung bewirken kann:

1) Durch seinen permanenten oder vollen Druck auf eine bewegliche Fläche, deren Gegendruck geringer ist;

2) durch seine Expansivkraft, indem er sich so lange expandiren kann, als eine bewegliche Fläche ihm einen schwächern Widerstand entgegensetzt;

3) und gleichsam negativ, wenn seine Spannkraft durch Erkältung vermindert und dadurch dem Gegendruck, den eine bewegliche Fläche ausübt, ein Uebergewicht verschafft wird;

4) endlich durch Reaction, oder wenn in einem beweglichen Behälter eingeschlossener Dampf an einer Stelle ausströmen kann und dadurch das Gleichgewicht des Drucks auf alle Wandungen gestört wird.

Hier wollen wir indessen bloß untersuchen, wie groß die mechanische Kraft ist, die Volldruckdampf bei verschiedenen Graden der Spannung auszuüben vermag. Eine ganz einfache Vorrichtung wird diese einsehen lassen.

In dem Gefäße A (Fig. 14) werde Dampf erzeugt, und dieser könne durch die Röhre a in den oben offenen Stiefel B treten, und unter den Kolben b. Dieser Kolben sei durch das über die Rolle c gehende Gewicht d so äquilibrirt, daß sein eigenes Gewicht, sowie die Reibung als null zu betrachten ist, so wird auf den Kolben blos die Luft drücken, und dieser Druck beträgt bekanntlich etwa 15 Pfd. auf den □″ oder 1,03 Kil. auf den □ Centim. —

Es ist klar, daß, so lange die Elasticität des Dampfes nicht die der Luft erreicht hat, der Dampf auf keine Weise den auf dem Boden des Cylinders ruhenden Kolben verrücken wird; sowie dieselbe aber stärker wird, muß der Kolben sich heben, und der Dampf den Cylinder füllen.

Hätte der Dampf eine Spannung = $1\frac{1}{2}$ Atmosphären, so müßte der Kolben mit wenigstens $7\frac{1}{2}$ Pfd. per □″ belastet werden, um nicht zu weichen; und mit 15 Pfd., wenn die Spannung die von 2 Atmosphären wäre. Und da, wenn die Belastung nur um das Geringste kleiner wäre, schon Bewegung statt hätte, so kann man sagen, daß Dampf von 2 Atmosphären in obigem Falle sovielmal 15 Pfd. zu heben vermag, als der Kolben □″ Fläche hat. Bei 10 □″ höbe er 150 Pfd.

Nehmen wir an, der Cylinder sei oben geschlossen, und über dem Kolben sei ein Fluidum von geringerem Drucke als die atmosphärische Luft, so würde schon ein schwächerer Dampf den Kolben heben, und zweifacher mehr als 15 Pfd. per □″. —

Wäre über dem Kolben ein ganz luftleerer Raum, so müßte der allerschwächste Dampf ihn bewegen,

und ein zweifacher 30 Pfd. per □" heben, und die mechanische Kraft des Dampfes dann die absolut größte sein.

Nehmen wir endlich an, nachdem der Dampf den Cylinder gefüllt, werde der Hahn e geschlossen, und der Dampf erkaltet, und also seine Dichtigkeit und Spannung vermindert, so würde die Luft, wenn der Cylinder oben offen ist, den Kolben mit Gewalt herabdrücken, und auch dann, wenn dem Gewichte d noch ein zweites angehängt würde. Hätte der verdünnte Dampf nur noch die Spannung von $\frac{1}{2}$ Atmosphäre, so könnten (ohne Reibung) $7\frac{1}{2}$ Pfd. per □" angehängt werden; und 15 Pfd., wenn es möglich wäre, die Spannung des Dampfes ganz aufzuheben, oder zu Null zu reduciren.

Nach diesen Erläuterungen ist es unschwer zu finden, wie groß die mechanische Kraft eines gegebenen Quantums Dampf in allen Fällen sein muß, wenn von dem Gewichte und der Reibung des Kolbens einstweilen abstrahirt wird.

Berechnen wir vorerst die absolute Kraft von 1 Pfd. oder 1 Kil. gemeinen Dampfes, d. h. von Dampf, dessen Spannung = 1 Atmosphäre ist, wenn gar kein Gegendruck stattfände.

1 Pfd. Wasser giebt von solchem Dampfe $25\frac{4}{5}$ Cub.' (engl.), hätte also der Kolben eine Fläche von 1 □', so würde er $25\frac{1}{2}$ hoch gehoben werden, wenn der Dampf von 1 Pfd. Wasser in den Cylinder übergeht, da kein Gegendruck vorhanden ist; und der Kolben könnte mit $14\frac{1}{2}$ Pfd. per □", also mit $144 \times 14\frac{1}{2}$ Pfd. = 2088 Pfd. belastet sein. 1 Pfd. Dampf hōbe also 2088 Pfd. $25\frac{1}{5}$ hoch, und könnte eben so gut $2088 \times 25\frac{1}{5}$ oder 52616 Pfd. 1' hoch heben.

Die totale Wirkung oder die absolute mechanische Kraft von 1 Pfd. Wasser (und also 640 w) in ge-

meinen Dampf verwandelt, ist daher (in engl. Maßen) = 52616 Pf. 1′ hoch gehoben.

Auf gleiche Weise findet sich diese Kraft in Wiener Maßen = 55286 Pf. hoch, und in metrischen = 17569 Kil. 1 Met. hoch (oder Kilogrammmeter).

Betrachten wir für diese Effecte 1000 Kil. 1 Met. hoch gehoben als Krafteinheit, und nennen wir diese Dynamie, so wäre hiermit die absolute Wirkung von 1 Kil. Dampf = 17569 km. oder etwas über $17\frac{1}{2}$ Dynamien.

Nähme die Dichtigkeit des Dampfs in demselben Verhältnisse zu wie die Expansivkraft, so würde die mechanische Kraft für 1 Pf. Dampf bei allen Graden der Elasticität die gleiche sein. Allein sowie wir gesehen, daß der relative Druck bei höherer Spannung etwas größer wird, weil die Expansivkraft schneller wächst, als die Dichtigkeit, so muß auch die mechanische Kraft bei dichterem Dampfe größer und bei dünnerem kleiner sein.

Wäre nämlich Dampf von 2 Atmosphären auch doppelt so dicht, als Dampf von 1 Atmosphäre, so müßte 1 Pf. Wasser die Hälfte von $25\frac{1}{5}$ Kubikfuß oder $12\frac{3}{5}$ Kubikfuß liefern; und obschon dieser also mit 2×2088 oder 4176 Pf. auf 1 □′ drückte, so wäre die mechanische Kraft $= 12\frac{3}{5} \times 4176$ doch die gleiche oder 52616. — Da die Dichtigkeit des doppelten Dampfes sich aber zu der des einfachen verhält wie 1114 : 589, so giebt 1 Pf. Wasser $\frac{589}{1114} \times 25\frac{1}{5}$ oder fast $13\frac{1}{3}$ Kubikfuß doppelten Dampf, und die mechanische Kraft ist also $13\frac{1}{3} \times 4176$ oder = 55680.

Prechtl (technolog. Encycl. III. S. 589) giebt Temperatur, Spannung, Dampfquantum und die mechanische Kraft für 1 Pf. verdampftes Wasser in Wiener Maßen also an:

Temperatur.	Druck.	Dampf-menge.	Mech. Kraft.
$65\frac{1}{8}$ ° R.	$\frac{1}{2}$ Atm.	57,2 K.'	52452 Pf.
$75\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	39,5	54286
80	1	30,13	55237
$97\frac{1}{2}$	2	15,94	58450
$108\frac{1}{3}$	3	11,01	60570
$116\frac{1}{2}$	4	8,47	62107
$123\frac{3}{4}$	5	6,93	63240
148	10	3,71	68054
$164\frac{1}{5}$	15	2,59	71143
$176\frac{3}{4}$	20	2,00	73555

Hat ein Gegendruck auf den Kolben statt, so wird die relative mechanische Kraft gefunden, wenn man diesen bei der Berechnung abzieht.

Gesetzt also, man habe Dampf von $20\frac{1}{2}$ engl. Kubikfuß auf 1 Pf. $11\frac{1}{4}$ Atmosphären, und der Gegendruck betrage 3 Pf. per □" oder 432 Pf. per □', so wäre der absolute Effect von 1 Pfund =

$$2088 \times 1\frac{1}{4} \times 20\frac{1}{2} = 53505$$

und der relative $= (\frac{5}{4} \times 2088) - 432 \times 20\frac{1}{2}$ $= 44649.$

Bei den Dampfmaschinen mit einem Condensator ist indessen der relative Effect nicht nur deshalb geringer, weil die Condensation kein vollkommenes Vacuum erzeugt, sondern noch, weil der Dampf durch eine engere Röhre in den Dampfcylinder einströmt. Gewöhnlich ist zwar diese nur 30—40 Mal enger. Nimmt man den Querschnitt zu $\frac{1}{100}$ des Cylinders an, und den Gegendruck des Dampfes auf den Kolben zu 5,8 cm., so ergiebt sich nach Fourier die mechanische Kraft von 1 Kil. Dampf also:

Temperatur.	Elasticität.	Theoret. Maximum	Maximum ohne Gegendruck	Mit Gegendruck von 5,3 cm.
		in Dynamien.		
100°	1 Atm.	17,54	17,03	15,81
122	2	18,57	18,06	17,41
135	3	19,2	18,69	18,24
145,2	4	19,68	19,17	18,83
154	5	20,1	19,59	19,31
161,5	6	20,48	19,97	19,73
168	7	20,78	20,27	20,06
173	8	21,02	20,51	20,33

11) Mechanische Wirkung des Dampfes, wenn er sich noch expandirt.

Wir haben gesehen, welche Last der Dampf zu heben vermag, wenn er unter einen Kolben tritt und kein anderer Gegendruck vorhanden ist. Hat er eine Spannung von 1 oder 2 Atmosph., so hebt er so viel Mal 15 oder 30 Pf., als der Kolben □" hat.

Würde nur soviel Dampf in den Cylinder gelassen, bis der Kolben die Hälfte des Laufs vollendet, so würde der Kolben sich mit dieser Last nicht weiter bewegen. Er bliebe stehen, und jenes wäre mithin das erreichbare Maximum der mechanischen Kraft.

Es ist indessen klar, daß, wenn man nun die Last verminderte, der Kolben noch mehr sich heben könnte; denn der Dampf als expansible Flüssigkeit wird sich sofort weiter expandiren, und zwar so lange, bis seine Expansivkraft mit der Last im Gleichgewicht ist. Würde die Last allmälig um die Hälfte vermindert, so würde sich der Dampf ungefähr zu dem doppelten Volum expandiren, weil er dann noch halb soviel Expansivkraft hätte, und hiermit noch halb so-

viel Gewicht eben so hoch heben. Der Dampf leistete in diesem Falle also eine um mehr als die Hälfte größere Wirkung.

Wie sehr sich die Wirkung einer gegebenen Menge Dampf erhöhen läßt, wenn er sich noch expandiren kann, ist aus Folgendem leicht zu erkennen.

Theilt man einen Cylinder in 20 Theile oder den Kolbenlauf in 20 Stationen ab, und sperrt man den Dampf ab, wenn der Kolben den vierten Theil seines Laufs vollendet hat, so wird der Dampf während der 5 ersten Stationen mit seiner vollen Kraft, die wir = 1 setzen, auf den Kolben drücken. Bei der 6ten aber nur mit $\frac{5}{6}$ oder 0,83, weil der Raum ohne Dampfzufluß sich um $\frac{1}{5}$ vergrößert hat. Bei der 7ten wird der Dampf nur mit $\frac{5}{7}$ seiner ersten Kraft oder 0,7; bei der 8ten mit $\frac{5}{8}$ oder 0,63, und endlich bei der 20sten nur mit $\frac{5}{20}$ oder 0,25 auf den Kolben drücken, angenommen nämlich, daß Druck und Dichtigkeit sich proportional verminderten.

Die einzelnen Wirkungen werden also folgende sein:

bei der 1sten Station ist der Effect = 1
" 2ten " " " 1
" 3ten " " " 1
" 4ten " " " 1
" 5ten " " " 1
" 6ten " " " 0,83
" 7ten " " " 0,71
" 8ten " " " 0,63
" 9ten " " " 0,56
" 10ten " " " 0,50
" 11ten " " " 0,45
" 12ten " " " 0,42
" 13ten " " " 0,39
" 14ten " " " 0,36
" 15ten " " " 0,33

bei der 16ten Station ist der Effect	=	0,31
„ 17ten „ „ „		0,29
„ 18ten „ „ „		0,28
„ 19ten „ „ „		0,26
„ 20sten „ „ „		0,25
und die Summe aller Wirkungen	=	11,56

Wäre der Dampf fortdauernd eingeströmt, so hätte man allerdings eine Wirkung = 20 erhalten; allein es wäre viermal mehr Dampf verbraucht worden.

Mit dem vierten Theile des Dampfes hat man also durch dieses Absperrungsverfahren mehr als die Hälfte des gleichen Effects erhalten; oder dasselbe Dampfquantum leistet mehr als das Doppelte, als wenn keine Expansion gestattet worden.

Die wirkliche Vermehrung der Dampfkraft in Folge der Expansion ist freilich nicht genau die oben berechnete; denn, vorausgesetzt auch, daß keine Wärme verloren geht, so wird doch die Temperatur des Dampfs abnehmen, und derselbe bei halber Dichtigkeit, also weniger als halb soviel Spannung haben. Dehnt sich doppelter Dampf (von 122°) in einfachen aus, so sinkt die Temperatur auf 100°, indem Wärme latent wird, und auf 82°, wenn er sich bis zum vierfachen Raum ausdehnt. Sowie die Expansivkraft mehr als die Dichtigkeit wächst, weil die Temperatur zugleich steigen muß, so wird sie umgekehrt auch in stärkerm Verhältnisse abnehmen.

Andrerseits ist aber bei unserer Berechnung die Kraft des Dampfs am Ende jeder Station angesetzt worden, während die mittlere Kraft etwas größer sein muß. Im Ganzen also kann das Resultat von der Wahrheit wenig abweichen.

Schon Watt, obschon er das Expansionsprincip noch wenig benutzte, glaubte, daß 1 Pf. Dampf,

viel Gewicht eben so hoch heben. Der Dampf leistete in diesem Falle also eine um mehr als die Hälfte größere Wirkung.

Wie sehr sich die Wirkung einer gegebenen Menge Dampf erhöhen läßt, wenn er sich noch expandiren kann, ist aus Folgendem leicht zu erkennen.

Theilt man einen Cylinder in 20 Theile oder den Kolbenlauf in 20 Stationen ab, und sperrt man den Dampf ab, wenn der Kolben den vierten Theil seines Laufs vollendet hat, so wird der Dampf während der 5 ersten Stationen mit seiner vollen Kraft, die wir = 1 setzen, auf den Kolben drücken. Bei der 6ten aber nur mit $\frac{5}{6}$ oder 0,83, weil der Raum ohne Dampfzufluß sich um $\frac{1}{6}$ vergrößert hat. Bei der 7ten wird der Dampf nur mit $\frac{5}{7}$ seiner ersten Kraft oder 0,7; bei der 8ten mit $\frac{5}{8}$ oder 0,63, und endlich bei der 20sten nur mit $\frac{5}{20}$ oder 0,25 auf den Kolben drücken, angenommen nämlich, daß Druck und Dichtigkeit sich proportional verminderten.

Die einzelnen Wirkungen werden also folgende sein:

bei der	1sten	Station	ist	der Effect =	1
„	2ten	„	„	„	1
„	3ten	„	„	„	1
„	4ten	„	„	„	1
„	5ten	„	„	„	1
„	6ten	„	„	„	0,83
„	7ten	„	„	„	0,71
„	8ten	„	„	„	0,63
„	9ten	„	„	„	0,56
„	10ten	„	„	„	0,50
„	11ten	„	„	„	0,45
„	12ten	„	„	„	0,42
„	13ten	„	„	„	0,39
„	14ten	„	„	„	0,36
„	15ten	„	„	„	0,33

Effect in beiden Fällen und für jeden Grad von Expansion vermehrt wird.

Um den Totaleffect E eines in Kubikmetern gegebenen Quantums Dampf v von p Druck in Metern Wasser, wenn er sich n Mal expandirt, in Dynamien (Krafteinheiten von 1000 Kil. 1 Met. hoch gehoben) zu berechnen, entwickelt Dufour folgende Formel:

$$E = p\,v\,(1 + 2,3 \log. n).$$

Will man also z. B. den Effect von 0,20 Kub.-Met. dreifachen Dampfs bestimmen, der sich bis zum vierfachen Raum expandirt, so ist $n = 4$, $p = 30$ (oder 31 Met. Wasserdruck), $v = 0,20$ und $p\,v = 6$.

log. 4 = 0,60206
multiplicirt mit 2,3
1,38473
+ 1
2,38473
und multiplicirt mit 6
14,30842

Der dyn. Effect also = 14,3 Dynamien; d. h. ⅕ K. M. jenes Dampfs könnte bei 4facher Expansion 14300 Kil. Wasser 1 Met. hoch heben.

Ohne Expandirung wäre der Effect $= \frac{1}{5} \times 30 = 6$ Dynamien oder etwa $\frac{3}{7}$ so groß.

1 Kil. 5facher D. hat ein Volum von 0,39 Met. und $p = 51\frac{2}{3}$ Met.

Ohne Expandirung ist der Effect also $= 0,39 \times 51\frac{2}{3} = 20$ Dyn.

Mit Expansion bis auf's 5fache (wo er noch in die Luft entweichen kann) ist $E = 51\frac{2}{3} \times 0,39 (1 + 2,3 \log. 5) = 52,4$ Dyn., oder wenigstens $2\frac{1}{2}$ Mal so groß.

Fourier giebt die mechanische Kraft, welche durch die Expansion von 1 Kil. Dampf erhalten wird,

wenn er sich zu der Temperatur von 12° C. expandirt, also in Dynamien an:

Dampf	von	1	Atm.	58,9	Dyn.
"	"	2	"	70,4	"
"	"	3	"	77,5	"
"	"	4	"	82,1	"
"	"	5	"	86,2	"
"	"	6	"	89,7	"
"	"	7	"	92,9	"
"	"	8	"	95,3	"

und der Totaleffect bei fast vollständiger Expansion im Maximum betrüge demnach:

für	Dampf	von	1	Atm.	76,44	Dyn.
"	"	"	2	"	88,7	"
"	"	"	3	"	96,7	"
"	"	"	4	"	101,7	"
"	"	"	5	"	106,3	"
"	"	"	6	"	110,3	"
"	"	"	7	"	113,7	"
"	"	"	8	"	116,3	"

Prechtl giebt folgende Formeln an:

Nennen wir n die Zahl, welche anzeigt, um wieviel Mal der Dampf expandirt wird, und E den mechanischen Effect, den ein Quantum Dampf ohne alle Expansion hervorbringt, so ist:

im ersten Falle, oder wenn die Temperatur des Dampfs constant bleibt, die Vermehrung des Effects

oder $e = E \times 2{,}3 \log. n$

und im zweiten Falle, oder wenn der Dampf nicht erwärmt wird und dessen Temperatur also mit der Expansion sinkt, die Vermehrung des Effects

oder $e' = 11\,E \times \left(1 - \frac{1}{n^{\frac{1}{11}}}\right)$.

Nach dieser Formel findet sich der gewonnene Effect in Folge der Expansion für Dampf von 1—5

Atmosphären Druck und bei 2 — 5fachen Expandirungen (nach Wiener Maßen) also:
e oder der Gewinn bei constantbleibender Temperatur:

wenn	n = 2.	n = 3.	n = 4.	n = 5.
für 1f.D.	38287	60685	76575	88900
2f.D.	40515	64213	81031	94074
3f.D.	41984	66543	83968	97484
4f.D.	43050	68230	86100	99957
5f.D.	43835	69476	87671	101780

und e' oder der Gewinn bei abnehmender Temperatur:

wenn	n = 2.	n = 3.	n = 4.	n = 5.
für 1f.D.	37106	57753	71947	82701
2f.D.	39266	61114	76133	87514
3f.D.	40690	63330	78893	90686
4f.D.	41722	64936	80895	92987
5f.D.	42483	66120	82370	94684

Dampf von 5 Atm. 86,2 Dyn.
— — 6 — 89,7 —
— — 7 — 92,9 —
— — 8 — 95,3 —

und der Totaleffect bei fast vollständiger Expansion im Maximum betrüge demnach:

für Dampf von 1 Atm. 76,44 Dyn.
— — — 2 — 88,7 —
— — — 3 — 96,7 —
— — — 4 — 101,7 —
— — — 5 — 106,3 —
— — — 6 — 110,3 —
— — — 7 — 113,7 —
— — — 8 — 116,3 —

Rechnet man zu diesen Werthen die früher angegebenen für E, so findet sich die totale mechanische Wirkung, die 1 Pfund Dampf bei verschiedener Expandirung leistet.

Gesetzt, z. B., man lasse 4fachen Dampf auf den 5fachen Raum sich expandiren, oder der Dampf werde bei $\frac{1}{5}$ des Kolbenhubs abgesperrt, so ergiebt sich

$$E = 62107$$
$$e = 62107 + 99957 = 162064$$
$$e' = 62107 + 92987 = 155094.$$

So unverkennbar indessen ist, daß die Wirkung bedeutend größer wird, wenn man den Dampf bei seiner anfänglichen Temperatur erhält, so ist doch wohl zu beobachten, daß dies nur durch Zuführung neuer Wärmetheile möglich ist. Der 4fache Dampf hat eine Temperatur von 146° und eine Dichtigkeit von 2022; bei 5facher Ausdehnung ist diese nur 405, und dieser entspricht einer Temperatur von $88\frac{3}{4}$°. Diesem Dampfe muß also soviel neue Wärme ertheilt werden, damit seine Temperatur um $57\frac{1}{4}$° erhöht wird. Da nun 1 Pf. Dampf, ohne weitere Erwärmung, 600 w kostet (wenn das Wasser schon 40° hat), so macht die Erhaltung jener Temperatur also fast $\frac{1}{10}$ mehr Wärme nöthig. Wir sehen aber, daß der Effect nur wie 155 : 162 wächst, also lange nicht um $\frac{1}{10}$. Und zugegeben, auch der Wärmebedarf sei wegen geringerer Wärmecapacität des Dampfes etwas kleiner, so ist dagegen ohne Zweifel der unvermeidliche Verlust an Wärme bei Anwendung eines solchen Mantels größer, weil dieser der Luft eine viel größere Oberfläche darbietet, und überdies weit heißer ist, als der freistehende Dampfcylinder sein würde. Es ist demnach kaum zu bezweifeln, daß die Erwärmung des sich expandirenden Dampfes in vielen Fällen, und wenigstens bei starker Expansion, eher nachtheilig als vortheilhaft sein muß.

Atmosphären Druck und bei 2 — 5fachen Expandirungen (nach Wiener Maßen) also:
e oder der Gewinn bei constantbleibender Temperatur:

wenn	n = 2.	n = 3.	n = 4.	n = 5.
für 1f.D.	38287	60685	76575	88900
2f.D.	40515	64213	81031	94074
3f.D.	41984	66543	83968	97484
4f.D.	43050	68230	86100	99957
5f.D.	43835	69476	87671	101780

und e' oder der Gewinn bei abnehmender Temperatur:

wenn	n = 2.	n = 3.	n = 4.	n = 5.
für 1f.D.	37106	57753	71947	82701
2f.D.	39266	61114	76133	87514
3f.D.	40690	63330	78893	90686
4f.D.	41722	64936	80895	92987
5f.D.	42483	66120	82370	94684

Dampf von 5 Atm. 86,2 Dyn.
— — 6 — 89,7 —
— — 7 — 92,9 —
— — 8 — 95,3 —

und der Totaleffect bei fast vollständiger Expansion im Maximum betrüge demnach:

für Dampf von 1 Atm. 76,44 Dyn.
— — — 2 — 88,7 —
— — — 3 — 96,7 —
— — — 4 — 101,7 —
— — — 5 — 106,3 —
— — — 6 — 110,3 —
— — — 7 — 113,7 —
— — — 8 — 116,3 —

wohl blos auf, um sein Patentrecht besser zu begründen, da vor ihm schon Expansionsmaschinen gemacht wurden.

Alle Leistungen der Woolf'schen Maschinen erklären sich endlich vollkommen aus den angeführten Wirkungen der Expansion, und so wenig man also auch glauben darf, daß bereits alle Eigenschaften des Dampfs und alle Gesetze, nach denen er wirkt, vollständig aufgefunden sein mögen, so ist doch kein Grund vorhanden, der ganz abnormen Behauptung von Woolf den mindesten Glauben zu schenken.

Aus den vorhergehenden Untersuchungen erhellt endlich noch, aus welchem Grunde vorzüglich die Anwendung eines hochdrückenden Dampfes vortheilhaft sein kann.

Offenbar würde dieselbe nämlich nicht den mindesten Vortheil gewähren, wenn Spannung und Dichtigkeit in demselben Verhältnisse zunähmen, weil 1 Kil. Dampf bei jedem Dichtigkeitsgrad gleich viel Wärme enthält und also zu seiner Erzeugung bedarf.

Giebt 1 Kil. Wasser 1,7 Kub.-Meter Dampf von 1facher Pression (oder 10,3 Meter Wasserdruck), so ist der Effect $= 1{,}7 \times 10{,}3 = 17{,}51$ Dyn., und bei 8fachem Druck oder $8 \times 10{,}3$ Met. $=$ 82,4 bliebe er ganz derselbe, wenn der Dampf 8 Mal dichter wäre, oder 1 Kil. $= 1\frac{7}{8}$ Kub.-Met.

Allein die Dichtigkeit nimmt weniger zu, weil der Dampf in Folge der höhern Temperatur dilatirt wird, und darum ist der mechanische Effect für 8fachen Dampf $= 21$ Dyn. Indessen würde auch diese Erhöhung von $17\frac{1}{2}$ auf 21 kaum einen Vortheil gewähren, weil dieser leicht durch andere Nachtheile aufgewogen würde. Ohne Expansion kann also die Anwendung von hochdrückendem Dampf (wofern er condensirt werden soll) wenig oder gar keinen Nutzen versprechen.

Läßt man den Dampf sich expandiren, so wird der Effect sehr bedeutend vergrößert; aber auch dann noch zeigt sich kein namhafter Unterschied bei Anwendung von hoch- oder niedrigdrückendem Dampf; denn bei vollständiger Expandirung wird der Totaleffect des 1fachen Dampfes von 17,5 auf 76,44 und der des 8fachen von 21 auf 116 Dyn. gesteigert. Auch dieser Gewinn ging ohne Zweifel größtentheils durch andern Nachtheil verloren.

Die Nützlichkeit des hochdrückenden Dampfes kann sich also nur daraus ergeben, daß bei diesem allein die Expandirung und zwar in hohem Grade anwendbar ist, während niedrigdrückender dieselbe fast gar nicht gestattet.

Indessen wird erst später gezeigt werden können, warum der reelle Gewinn der Expansion oder Absperrung meist lange nicht dem theoretisch berechneten entspricht, und warum dieses Princip in engern Schranken nur mit Vortheil oft anzuwenden ist.

18) Practisches Verfahren, den dynamischen Effect des durch Expansion wirkenden Dampfes zu berechnen.

Auf folgende Weise kann der dynamische Effect, welcher durch die Expansion erhalten wird, durch eine geometrische Figur ausgedrückt, und derselbe alsdann mit Leichtigkeit bestimmt werden, indem man den Flächeninhalt dieser Figur zu berechnen sucht.

Es sei AB, Fig. 15, die Hubslänge des Kolbens, und es werde durch die Ordinate AC die Pression des in den Dampfcylinder eintretenden Dampfes ausgedrückt. Läßt man nun in denselben Dampf von A bis d einströmen, und schließt man alsdann die Communication der Dampfröhre mit dem Cylinder, so wird dieser Dampf, während er den Kolben von A nach C treibt, einen dynamischen Effect her-

vorbringen, welcher dem Flächeninhalte des Parallelogrammes A dd' C gleich gesetzt und daher durch das Product $Ad \times AC$ bezeichnet werden kann. Bleibt die Communication ferner geschlossen, so wird die nämliche Menge Dampfes einen neuen Effect auf den Kolben ausüben, und derselbe in dem Puncte e, wo $Ad = de$ ist, noch eine Pression $= ee' = \frac{1}{2}$ AC besitzen, und der Effect, welcher erhalten wird, während der Kolben von d bis e gestoßen wird, kann durch den Inhalt der trapezförmigen Figur d d' e' e bezeichnet werden. Ebenso wird der Dampf durch dreifache Expansion auf den Kolben, während er von e nach f fortschreitet (wenn $ef = Ad$) einen dynamischen Effect hervorbringen, der dem Flächeninhalte der Figur ee' ff' gleich ist, deren Seite $ff' = \frac{1}{3} AC$ ist, und der totale Effect dieser Quantität Dampfes durch dreifache Expansion kann daher durch den Inhalt der Figur A C d' e' f' f A ausgedrückt werden.

Das von Poncelet angegebene Verfahren, den Flächeninhalt einer solchen Figur d d' e' g' g d zu berechnen, deren eine Seite von einer krummen Linie d' e' g' gebildet ist, besteht darin, daß man die gerade Seite derselben dB als Abscissenlinie betrachtet, in eine gerade Anzahl gleicher Theile eintheilt und aus den Theilungspuncten die Ordinaten ee', ff', gg' zieht und dieselben berechnet. Der Flächeninhalt wird alsdann gleich sein dem Drittel des Productes eines solchen Theiles und der Summe der äußersten Ordinaten, vermehrt mit der doppelten Summe der übrigen Ordinaten von ungeradem Range und der 4fachen Summe der Ordinaten von geradem Range, oder:

Flächeninhalt $dd'g'B'Bd = \frac{1}{3}\, de\, [dd' + BB' + 2\,(ff' + hh') + 4\,(ee' + gg' + ii')]$.

Nehmen wir als Beispiel einen Dampf von Atmosphären an, dessen Druck hiermit = 20660 Kil.

auf den □Meter ist (ungefähr 30 Pf. auf den □"), und lassen wir denselben von A bis auf die Höhe von d in den Cylinder einströmen, so wird, wenn die anfängliche Pression 20660 Kil. durch dd' ausgedrückt wird:

$$ee' = \tfrac{1}{2} \cdot 20660 = 10330 \text{ Kil.}$$
$$ff' = \tfrac{1}{3} \cdot 20660 = 6886\tfrac{2}{3}$$
$$gg' = \tfrac{1}{4} \cdot 20660 = 5165$$
$$hh' = \tfrac{1}{5} \cdot 20660 = 4132$$
$$ii' = \tfrac{1}{6} \cdot 20660 = 3443\tfrac{1}{3}$$
$$kk' = \tfrac{1}{7} \cdot 20660 = 2951\tfrac{3}{7}$$

und der Flächeninhalt dieser Figur, welcher den dynamischen Effect dieser Menge Dampfes durch 7fache Expansion ausdrückt =

$$(Ad \times Ac) + \tfrac{1}{3} Ad\,(dd' + BB' + 2\,(ff' + hh') + 4\,(ee' + gg' + ii')$$
$$= Ad\,(20660 + \tfrac{1}{3} \times 121402\tfrac{2}{21})$$
$$= Ad \times 61127 \text{ Kil. sein.}$$

Dieser Ausdruck ist etwas zu groß, und wird sich, wenn man die Linie dB in eine größere Anzahl gleicher Theile eintheilt, auf folgenden ungefähr reduciren.

$$S = Ad \times 60862 \text{ Kil.}$$

Da nun 60862 Kil. den Gesammtdruck des Dampfes auf 1 □Meter Oberfläche bedeutet, so ist, wenn wir Ad = 1 Met. annehmen:

S = 60862 Kilogrammmeter (Kil. 1 Met. hoch) der dynamische Effect, den 1 Kubikmeter Dampf von 2 Atm. durch 7fache Expansion hervorbringt.

Auf gleiche Weise hat Poncelet folgende Werthe für die dynamischen Effecte berechnet, welche 1 Kubikmeter Dampf von 1 Atm. Pression durch

eine mehr oder weniger große Expansion hervorbringt (in Kilogrammmetern ausgedrückt).

Für mehrfachen Dampf findet sich dann der theoretische Effect, wenn man den für einfachen angegebenen mit der Anzahl Atmosphären multiplicirt.

Vol. nach der Ausdehnung.	Dyn. Effect in Kilogram.	Vol. nach der Ausdehnung.	Dyn. Effect in Kilogram.
1,00	10330	5,75	28399
1,25	12635	6,00	28839
1,50	14518	6,25	29261
1,75	16111	6,50	29665
2,00	17490	6,75	30055
2,25	18707	7,00	30431
2,50	19795	7,25	30794
2,75	20780	7,50	31144
3,00	21679	7,75	31483
3,25	22506	8,00	31811
3,50	23271	8,25	32129
3,75	23984	8,50	32437
4,00	24650	8,75	32736
4,25	25277	9,00	33027
4,50	25867	9,25	33310
4,75	26426	9,50	33585
5,00	26955	9,75	33854
5,25	27459	10,00	34116
5,50	27940		

Um zu zeigen, wie wenig diese Werthe von denjenigen unterschieden, welche man durch die oben angeführte Formel $E = pv\ (1 + 2{,}3 \log. n)$ erhält, geben wir hier noch eine kleine Tabelle dieser letzteren Werthe.

Volum des Dampfes nach d. Ausdehnung.	Dyn. Effect. von 1 Kubikmeter Dampf	Dyn. Effect von 1 Kilogr. Dampf
	von 1 Atmosphäre.	
1,00	10330	6094,70
1,25	12632,5	7453,175
1,50	14513,7	8563,08
1,75	16104,4	9501,60
2,00	17482,2	10314,50
2,25	18697,5	11031,525
2,50	19784,7	11672,97
2,75	20768,0	12253,12
3,00	21666,0	12782,94
3,25	22491,8	13270,16
3,50	23256,6	13721,39
3,75	23968,4	14141,36
4,00	24634,3	14534,24
4,50	25849,6	15251,26
5,00	26936,8	15892,71
5,50	27920,2	16472,92
6,00	28818,1	17002,68
7,00	30408,7	17941,13
8,00	31786,5	18754,035
9,00	33001,8	19471,06
10,00	34089,0	20112,51

13) Ueber Dampf von abnormem Wärme- und Wassergehalt.

Unter normalem Dampf verstehen wir immer gesättigten oder saturirten, dem, wie wir vielfach bemerkt, bei jedem Grade der Elasticität eine bestimmte Dichtigkeit und eine bestimmte Temperatur zukommt, und dessen Wärme und Wässergehalt ein gegebener ist.

1 Cubikmeter saturirter Dampf von 1 Atmosphäre Druck wiegt stets 589 Grammen und ist also aus soviel Wasser gebildet; und seine Temperatur ist 100°

und enthält also (wofern der Totalgehalt 640 w) 540 w an latenter und 100 w an freier Wärme. Führen wir dem Wasser, aus dem sich solcher Dampf erzeugt, noch mehr Wärme zu, so wird, ist das Gefäß verschlossen, das Wasser und der Dampf wärmer, dieser aber zugleich dichter und elastischer. Wird der Dampf wieder erkältet, so wird er wieder dünner und seine Spannung vermindert. Gewicht und Wassergehalt werden reducirt, und dasselbe hat Statt, erkälten wir in einem abgeschlossenen Gefäße. — Die Temperatur des Dampfes kann nie unter die seiner Dichtigkeit normal zukommende erniedrigt werden.

Anders verhält es sich, wenn wir ein bloß Dampf enthaltendes und verschlossenes Gefäß noch mehr erhitzen. Die Temperatur des Dampfes steigt, und hiemit der Gehalt an freier Wärme; die Dichtigkeit und sein specif. Gewicht aber bleiben nothwendig unverändert, weil kein Wasser vorhanden ist, das verdampfen kann. Die Erwärmung steigert die Elasticität, aber nur wie sie die von eingeschlossener Luft steigern würde, d. h. für jeden Grad um etwa $\frac{1}{370}$. Bei 122° wird die Spannung kaum um $\frac{1}{16}$ größer, lange also nicht die doppelte, wie die des saturirten bei dieser Temperatur; und weil die Dichtigkeit dieselbe, so ist ohne Zweifel auch der Gehalt an latenter Wärme unverändert geblieben, der an sensibler, sowie der Totalgehalt aber um 22 w vermehrt.

Und Aehnliches findet Statt, erhitzt man vorzugsweise den Theil eines Kessels, der nicht mit dem Wasser, sondern bloß mit Dampf in Berührung ist. Die mitgetheilte Wärme wird wenig oder keinen Dampf erzeugen, und lediglich die Temperatur des bereits vorhandenen erhöhen. Auch in diesem Falle, und obschon der Dampf mit Wasser in Berührung ist, entsteht überhitzter Dampf, oder Dampf von abnormem Wärmegehalt; und sowie dieser Dampf

höhere Temperatur, als das im Kessel
sser zeigen mag, so wird auch der Druck
rchaus nicht der dieser Temperatur sonst
sein. Es ist also klar, daß, will man
Wärmegrade des Dampfes auf seine Span-
en, oder diese nach jenem bemessen, man
ig versichern muß, daß der Dampf ein
ei, und keineswegs überhitzter.
n nun aber dem überhitzten Dampfe zu-
an Wasser zu fehlen scheint, um gesättig-
so darf man nicht vermeinen, daß solcher
Einspritzung von Wasser etwa, in Dampf
herer Spannung zu verwandeln sei.
würde 1 Kilo Dampf z. B. um 50° er-
sitzt es um 50 w überschüssiger Wärme,
nn bloß etwa $\frac{1}{12}$ Kil. Wasser in Dampf
so daß jener Dampf, während seine Tempe-
die Einspritzung alle Ueberhitzung verlöre,
m $\frac{1}{12}$ dichter würde. Man sieht also, daß
rk überhitzter Dampf durch Sättigung nicht
e weit höhere Spannkraft erlangen kann.
hten wir nun, ob und auf welche Art
ergehalt der Dämpfe abnorm vermehrt

tig ist der constitutive Gehalt auf jeder
stufe eine bestimmte unveränderliche Größe,
latenter Wärme. Wie aller Dampf aber
derung der Dichtigkeit doch einen Zuwachs
Wärme erlangen kann, so kann derselbe
weniger Wassertheile aufnehmen, oder mit
mechanisch verbunden sein.
überfeuchteter Dampf kann auf zweier-
ntstehen:
rch Erkältung.
Dampf, wie dicht er auch sein mag, er-
durchsichtig und trocken, denn nur mit

der Erkältung verliert ein Theil des Substrats die Dampfform. Da dieses Wasser, zumal bei stufenweiser Abkühlung, in unzähligen und daher unendlich kleinen Theilen sich niederschlagen, und daher lange im übrigen Dampfe schwebend erhalten wird, so wird dieser trübe und feucht, und bleibt das Gewicht dieses unreinen Dampfes fast unverändert.

Wird 1 Pfd. doppelter Dampf von 122 ° auf 100 ° erkältet, so verliert fast die Hälfte desselben die Dampfform, die Dichte vermindert sich fast auf die Hälfte, und die Spannung ist die von einfachem Dampf. Er mag jedoch wohl noch 1 Pfd. wiegen, nur bildet die Hälfte mechanisch verbundene Wässrigkeit.

2) Entsteht diese Ueberfeuchtung, weil der aus siedendem Wasser aufsteigende Dampf mehr oder weniger adhärirende Wassertheile mit sich fortreißen kann, und dieser Umstand, der lange fast ganz übersehen wurde, verdient bei der Bereitung und Verwendung des Dampfes im Großen gar sehr unsere Beachtung. Das Quantum nicht dampfförmiges Wasser, das also mit dem Dampfe sich verbinden und in den Cylinder übergehen mag, muß unstreitig nach mancherlei Umständen sehr ungleich sein. Es wird um so unbedeutender sein, je ruhiger die Flüssigkeit siedet, je reiner sie ist, je größer und höher zumal der Dampfraum im Kessel ist, je länger der Dampf darin weilt u. s. w., ungleich größer aber bei entgegengesetzten Verhältnissen, sehr bedeutend namentlich bei Locomotivkesseln.

In der That glaubt v. Pambour aus vielen Versuchen schließen zu dürfen, daß bei solchen Kesseln das mechanisch mit dem Dampfe fortgerissene und in die Cylinder übergehende Wasser meist an 30 und nicht selten nahe an 40 % betrage; und so wenig man auch diese Resultate, die übrigens keineswegs direct aus seinen Versuchen hervorgehen, für richtig

und nachgewiesen anerkennen mag, so scheint doch außer Zweifel, daß in manchen Fällen dem Dampfe $\frac{1}{5}$ oder $\frac{1}{4}$ seines Gewichtes an Wässrigkeit beigemengt sein kann.

Schon ein minderer Wassergehalt muß aber bei manchen Berechnungen nothwendig in Anschlag kommen.

Offenbar wird man nämlich nicht, wie gewöhnlich geschieht, nach der Menge des consumirenden Wassers die des wirklich erzeugten Dampfes festsetzen dürfen; da aus 100 Pfd. Wasser oft kaum 90 und zuweilen kaum 80 Pfd. wirksamer Dampf producirt wird.

Ebenso nicht aus der nach gewöhnlicher Weise berechneten Menge des verbrauchten Dampfes den Bedarf an Speisewasser abschätzen können.

Es ergibt sich daraus ferner, daß, obschon jeweilen zur Bildung von 1 Pfd. Dampf aus Wasser von 30° 610 w erforderlich sind, die Verdampfung von 10 Pfd. Wasser oft lange nicht 6100 w kosten wird; denn enthält der producirte Dampf auch nur $\frac{1}{10}$ Wasser, so erheischt die Verdampfung nur $9 \times 610 + 80$ oder 5570 w, wenn Dampf von 110° erzeugt wird.

III. Ueber die Art und Weise, wie der Dampf Maschinen Bewegung mittheilen kann; Bestimmung der Kraft, die durch eine bestimmte Quantität Dampf ausgeübt werden kann.

Man kann mit Recht sagen, daß unter allen Benutzungen oder Anwendungen des Wasserdampfes diejenige als die beste und schönste betrachtet werden muß, wo diese elastische Flüssigkeit als eine bewegende Kraft wirkt, welche die mächtigste aller derjenigen ist, die bis jetzt angewendet worden sind, deren Wirkung ungestört fortdauern kann, und über welche wir will-

kürlich, d. h. auf alle Art und Weise, verfügen können. — Von dieser Anwendung allein kann und soll hier gesprochen werden, weil die Erwägung der vielen anderen Anwendungsarten auf die Dampfmaschinen keinen Bezug hat, von denen hier gehandelt werden soll.

Auf welche Weise der Dampf Bewegung erzeugen kann, ist eine Frage, welche nach dem, was weiter oben abgehandelt worden ist, keiner weiteren Entwickelung bedarf; denn besitzt diese elastische Flüssigkeit das Vermögen, Druck gegen irgend ein Hinderniß auszuüben, so muß nothwendig auch Bewegung Statt finden, wenn der Widerstand des erwähnten Hindernisses geringer ist, als der Druck, den es erfährt. Die Frage ist hier nur: Auf welche Weise muß der Dampfdruck auf irgend einen Körper ausgeübt, und auf andere Körper, um dieselben in Bewegung zu setzen, übergetragen oder fortgepflanzt werden?

Es ist sehr lehrreich, den Gang der Verbesserungen an den Dampfmaschinen von ihrer Erfindung an bis auf die gegenwärtige Zeit zu verfolgen; aber noch lehrreicher ist es, die Art und Weise zu betrachten, oder auch zu untersuchen, wie der Dampf benutzt werden kann, um einer Maschine Bewegung mitzutheilen. Für wie nützlich indessen eine Geschichte der Erfindungen und der verbesserten Anwendung der Dampfmaschine auch erachtet werden möge, so gehört sie doch schwerlich in den Bereich eines Handbuches der angewandten Mechanik oder Werkzeugswissenschaft. Deshalb handeln wir hier die Dampfmaschinen ab, wie sie jetzt beschaffen sind, und nicht, wie sie vor länger, als 100 Jahren waren; aber bevor wir zu dieser Betrachtung schreiten, wollen wir begreiflich zu machen suchen, wie man durch Dampfkraft eine Maschine treiben kann, und welches in jedem besonderen Falle die Quantität der erlangten Wirkung seyn kann.

Nimmt man die allgemeine krummlinige Bewegung aus, so kann der Dampf einem Körper keine andere Art von Bewegung mittheilen, als eine geradlinige oder kreisförmige, dieselbe sei anhaltend oder wiederkehrend.

a) Der Dampf, denke man sich, werde in einem verschlossenen Kessel erzeugt und ströme aus demselben durch eine Röhre A Fig. 1 in einen Cylinder B, der genau ausgebohrt ist, so daß ein massiver Kolben C denselben luftdicht ausfüllt, und also der Dampf zwischen den Wänden des Cylinders und dem Kolben nicht durchdringen kann; der Cylinder sei ferner oben genau mit einem Deckel cd verschlossen. Man nehme an, daß der Raum B über dem Kolben luftleer sei; den Raum D kann man sich verschlossen und luftleer, oder offen und deßhalb mit Luft gefüllt denken. Bei letzterer Annahme wird die atmosphärische Luft gegen den Kolben C drücken, seine Reibung am Cylinder überwinden und ihn nach Oben bewegen; ist der Kolben mittelst einer Stange CE — welche luft- und dampfdicht durch den Cylinderdeckel cd läuft — mit einer Last in Verbindung setzt, so wird diese Last ebenfalls emporsteigen oder gehoben werden können. Da nun der Dampf nach dem, was weiter oben auseinander gesetzt worden ist, bis zu einem solchen Grade erhitzt werden kann, daß seine Spannung derjenigen von 2 und mehr Atmosphären gleich kommt, so ist es einleuchtend, daß, wenn man nach dem Emporsteigen des Kolbens C Dampf von z. B. 2 Atmosphären in den Cylinder B einströmen läßt, dieser Dampf den Kolben sammt der mit ihm verbundenen Last mit derselben Kraft wieder niedertreiben werde, mit welcher zuvor die Luft D den Kolben emporgehoben hat, indem der Dampf eine Spannung von 2 Atmoshpären besitzt und 1 Atmosphäre D überwinden muß, weßhalb die Last CE

eigentlich nur mit dem Drucke von 1 Atmosphäre bewegt wird, wie dieses bei dem Hube des Kolbens mit der Wirkung der atmosphärischen Luft **D** der Fall war.

Ist der Cylinder von einer unbeschränkten Länge, so wird der Kolben stets auf- oder niedersteigen; der Dampf wird dann auf diese Weise einer Last eine ununterbrochene geradlinige Bewegung mittheilen können; da sich aber ein Cylinder von unbeschränkter Länge nicht denken läßt, so wird die Bewegung in der Richtung **CE** bald ihr Ende erreicht haben. Wenn es nun ein Mittel gibt, den Dampf **AB** vom Kessel abzuschneiden und denselben ganz und gar, oder hinlänglich zu vernichten, dann würde alles wiederum in demselben Zustande sein, wie zuvor, und die atmosphärische Luft würde den Kolben **C** auf's Neue heben können.

Die Verbindung zwischen dem Cylinder und dem Kessel abzusperren, so daß der Dampf aus letzterem nicht in den ersteren strömen kann, läßt sich z. B. durch einen Hahn **a** in der Dampfröhre **A** bewerkstelligen, oder man kann zum Wenigsten annehmen, daß dieses einmal so geschehe. Die Vernichtung des Dampfes wird bewerkstelligt durch Abkühlung desselben, indem man ihn nämlich mit einem Strahle kalten Wassers in Berührung bringt. Wenn also durch einen besondern Hahn eine Einspritzung von kaltem Wasser in den Dampf **B** erfolgt, so wird derselbe condensirt, ein Theil desselben verwandelt sich in Wasser, und seine Spannung kann außerordentlich vermindert werden. Condensirt man den Dampf unmittelbar im Cylinder, so kühlt die Oberfläche des Cylinders beträchtlich ab, und läßt man den Dampf im nächsten Augenblicke wieder in den Cylinder einströmen, so wird derselbe durch die weniger warme Oberfläche ebenfalls abgekühlt werden

und an Spannung verlieren. Dadurch entsteht aber Verlust an Dampf, an Kraft und an Brennstoff. Es macht sich deshalb nothwendig, den Dampf außerhalb des Cylinders in einem besondern verschlossenen Gefäße F zu condensiren, das durch eine Röhre mit dem Cylinder in Verbindung steht, und in welches aus einem Behälter G anhaltend Wasser eingespritzt wird. Dieses Gefäß nun kann man das Kühlgefäß, oder lieber, mit dem allgemein angenommenen Namen, den Condensator nennen. Sobald der Hahn b in der Röhre des Condensators geöffnet und zugleich der Dampfhahn a geschlossen wird, strömt der Dampf aus dem Cylinder B sogleich in den Condensator, wo er durch den eindringenden Wasserstrahl abgekühlt und größtentheils vernichtet wird.

Nach dieser theilweisen Vernichtung des Dampfes, oder während dieses geschieht, findet die Luft D wieder Gelegenheit, den Kolben emporzutreiben; wird hierauf der Hahn b verschlossen und der Hahn a wieder geöffnet, so streicht der Dampf, wie zuvor, in den Cylinder und drückt den Kolben C nieder u. s. w.

Dadurch also, daß der obere Theil des Cylinders abwechselnd mit dem Dampfkessel und mit dem Condensator in Communication gesetzt wird, entsteht eine abwechselnde Bewegung des Kolbens, aus welcher man andere Arten der Bewegung ableiten kann; auch diejenige, welche nöthig ist, um die Hähne a und b wechselweise und zu rechter Zeit zu öffnen und zu schließen; ferner, um den Condensator zugleich von dem eingespritzten warmen Wasser zu befreien; um den Kessel zugleich mit soviel Wasser zu versorgen oder zu speisen, als zur Erzeugung von Dampf consumirt wird u. s. w. Es leuchtet von selbst ein, daß die wirkenden Drucke der Luft und des Dampfes ausreichend sein können, nicht allein die erwähn-

ten Verrichtungen auszuführen, sondern auch mit einer bestimmten Geschwindigkeit eine bestimmte Last zu bewegen und auf diese Weise einen verlangten Nutzeffect zu gewähren.

Auf diese Weise wird es nun möglich sein, eine Maschine durch den abwechselnden Druck von Luft und von Dampf zu bewegen. Die Maschine, welche zur Hervorbringung dieser Bewegung dient, wird eine Dampfmaschine genannt.

Die ersten Dampfmaschinen dienten in England allein dazu, Wasser aus tieferen Puncten auf höhere zu pumpen; sie wurden durch den Druck der Luft über dem Kolben C in Bewegung gesetzt. Der Dampf wurde allein dazu benutzt, den Kolben, wenn er gehoben werden sollte, eben so sehr von Unten nach Oben zu drücken, als er durch die Luft niedergedrückt wurde; der Dampf wirkte deshalb von Unten im Cylinder und hielt während des Kolbenhubes den Druck der Luft im Gleichgewicht, so daß der Hub des Kolbens durch den Niedergang eines schweren Gegengewichtes erfolgte, das am andern Ende eines Balanciers hing, auf welchen die Kolbenstange CE mittelst einer Scharnierkette wirkte. Sollte der Kolben C niedersteigen und deshalb das Pumpenwerk, welches mit dem andern Ende des genannten Balanciers in Verbindung stand, gehoben werden, so wurde der Dampf unter dem Kolben nach einem besondern Condensator geleitet und verdichtet *), so daß also der Dampf in D größtentheils weggeschafft wurde und nur einen geringen Druck gegen die untere Seite des Kolbens ausübte, also wenig Behinderung dem freien Drucke der Luft zum Niederdrücken des Kolbens entgegensetzte. Diejenige Dampfmaschine,

*) Anfangs kühlte man den Dampf im Cylinder selbst ab.

welche diese ursprüngliche Einrichtung besitzt, nennt man heut zu Tage mehr die atmosphärische Maschine, als eigentlich Dampfmaschine, weil es doch ganz besonders der Druck der Luft ist, welcher die Bewegung derselben verursacht. Sie heißt auch wohl die Newcomen'sche Maschine, indem sie so, wie eben angegeben worden, im Jahre 1710 von Thomas Newcomen eingerichtet worden ist.

Ueber die atmosphärischen Maschinen wird in diesem Werke nicht gehandelt werden, weil sie wenig mehr in Gebrauch sind, und weil man für ihre zweckmäßige Einrichtung und Zusammensetzung keine andern Regeln anzugeben hat, als diejenigen, welche zu demselben Zweck für die eigentlichen Dampfmaschinen anwendbar gemacht werden sollen.

b) Die atmosphärische Maschine erfährt einige Veränderung in ihrer Construction, wenn man, statt den Druck der Atmosphäre zu benutzen, den Dampfdruck selbst anwenden will. Diesen Dampf muß man alsdann abwechselnd über und unter dem Kolben in den verschlossenen Cylinder eintreten lassen und von da wieder nach dem Condensator leiten können; aber nur auf einer von den beiden Seiten des Kolbens kann der Dampfdruck, um die Maschine dadurch in Bewegung zu setzen, ausgeübt werden, indem man den Dampf auf die andere Seite des Kolbens nur einströmen läßt, um der Dampfspannung an der andern Seite das Gleichgewicht zu halten, sobald der Kolben zurückbewegt werden soll. Zur Bewegung einer auf diese Weise eingerichteten Maschine ist deshalb keine Luft, sondern allein Dampf erforderlich. Eine solche Maschine ist eine wahre Dampfmaschine, aber sie ist, wie man sich auszudrücken pflegt, nur einfachwirkend, weil der Dampfdruck nur in der einen Richtung des Kolbenzuges der Last Bewegung mittheilt, und die Bewe-

gung des Kolbens in der andern oder entgegengesetzten Richtung nur durch Gegengewichte oder anwesende schwere Theile bewerkstelligt wird. Bei dem Heben des Wassers durch Pumpen werden die einfachwirkenden Maschinen (besonders wenn man Dampf von 4 und mehr Atmosphären Spannung anwendet) häufig angewendet, und wir werden sie weiter unten näher kennen lernen *).

c) Bei den meisten Maschinen ist es erforderlich, daß die bewegende Kraft während der ganzen Wirkung regelmäßig sei und mit gleicher Kraft wirke. Verleiht in einem solchen Falle die bewegende Kraft demjenigen Theile der Maschine, auf welchen sie unmittelbar wirkt, eine wiederkehrend geradlinige Bewegung, so muß ihr Wirkungsvermögen in beiden Richtungen der Bewegung sich gleich sein. Soll nun eine solche regelmäßige Bewegung durch Dampf hergestellt werden, welcher auf einen massiven Kolben C Fig. 2 in einem von allen Seiten verschlossenen Cylinder A B D E wirkt, so muß der Dampfdruck abwechselnd auf die untere und obere Fläche des Kolbens in demselben Maße ausgeübt werden. Die Maschine, welche nach diesem Grundsatz eingerichtet ist, heißt eine doppeltwirkende Dampfmaschine; sie besitzt oder gewährt vor den einfachwirkenden Maschinen Vortheile, durch welche ihre Anwendung, mit Ausnahme einzelner Fälle, ganz allgemein geworden ist. Das Spiel dieser Art von

---

*) James Watt, geb. 1736 und gest. 1819, erfand die einfach wirkende Dampfmaschine und brachte sie 1769 in Gebrauch. Die doppeltwirkenden Dampfmaschinen wurden ebenfalls von ihm erfunden, und seit 1782 sind sie nach und nach fast ausschließlich in Gebrauch gekommen. Dieser englische Maschinenbauer hat das Meiste zur Verbesserung der Dampfmaschinen beigetragen und sich dadurch einen unsterblichen Namen erworben.

Dampfmaschinen ist folgendes: Der Kolben C paßt genau in den Cylinder ABDE, die Kolbenstange geht durch eine Stopfbüchse, die mit dem Deckel AB verbunden, oder an das Bodenstück DE gefügt ist, so daß der im Cylinder befindliche Dampf an der Kolbenstange durch die Stopfbüchse nicht entweichen kann. Eine Röhre H, welche aus dem Dampfkessel kommt, communicirt durch die Röhren GF und GD mit dem unteren und oberen Theile des Cylinders, und ebenso stehen diese beiden Theile durch die Röhren IKL und EKL mit einem Condensator in Verbindung, welche durch die Hähne a, b, b', a' unterbrochen werden kann *). Oeffnet man den Hahn a zugleich mit dem Hahn a', während b und b' geschlossen sind, so wird der Dampf, welcher sich unter dem Kolben in P befindet, in den Condensator L entweichen, hier verdichtet werden und den größten Theil seiner Spannung verlieren. Der Dampf, welcher aus dem Kessel durch die Röhre GF in den oberen Theil QQ des Cylinders einströmt, wird auf den Kolben C drücken und durch den weit weniger dichten Dampf P (denn man muß sich erinnern, daß der Dampf durch die Condensation nicht gänzlich vernichtet werden kann) wenig gehindert werden, den Kolben sammt der Last, auf welche die Kolbenstange rc. wirkt, vor sich herzutreiben. Ist der Kolbenzug vollbracht, und werden in demselben Augenblicke die Hähne a und a' geschlossen, b und b' dagegen zugleich geöffnet, so wird der Dampf aus dem Kessel alsdann unter den Kolben C strömen und den-

*) Man bedenke wohl, daß die hier angegebene Einrichtung nur gewählt ist, um die Wirkung des Dampfes deutlich zu machen; denn die bestehende Einrichtung ist der Form nach ganz anders, wie sich in der folgenden Abtheilung aus der Beschreibung der Dampfmaschinen ergeben wird.

ten Verrichtungen auszuführen, sondern auch mit einer bestimmten Geschwindigkeit eine bestimmte Last zu bewegen und auf diese Weise einen verlangten Nutzeffect zu gewähren.

Auf diese Weise wird es nun möglich sein, eine Maschine durch den abwechselnden Druck von Luft und von Dampf zu bewegen. Die Maschine, welche zur Hervorbringung dieser Bewegung dient, wird eine Dampfmaschine genannt.

Die ersten Dampfmaschinen dienten in England allein dazu, Wasser aus tieferen Puncten auf höhere zu pumpen; sie wurden durch den Druck der Luft über dem Kolben C in Bewegung gesetzt. Der Dampf wurde allein dazu benutzt, den Kolben, wenn er gehoben werden sollte, eben so sehr von Unten nach Oben zu drücken, als er durch die Luft niedergedrückt wurde; der Dampf wirkte deshalb von Unten im Cylinder und hielt während des Kolbenhubes den Druck der Luft im Gleichgewicht, so daß der Hub des Kolbens durch den Niedergang eines schweren Gegengewichtes erfolgte, das am andern Ende eines Balanciers hing, auf welchen die Kolbenstange CE mittelst einer Scharnierkette wirkte. Sollte der Kolben C niedersteigen und deshalb das Pumpenwerk, welches mit dem andern Ende des genannten Balanciers in Verbindung stand, gehoben werden, so wurde der Dampf unter dem Kolben nach einem besondern Condensator geleitet und verdichtet *), so daß also der Dampf in D größtentheils weggeschafft wurde und nur einen geringen Druck gegen die untere Seite des Kolbens ausübte, also wenig Behinderung dem freien Drucke der Luft zum Niederdrücken des Kolbens entgegensetzte. Diejenige Dampfmaschine,

*) Anfangs kühlte man den Dampf im Cylinder selbst ab.

welche diese ursprüngliche Einrichtung besitzt, nennt man heut zu Tage mehr die atmosphärische Maschine, als eigentlich Dampfmaschine, weil es doch ganz besonders der Druck der Luft ist, welcher die Bewegung derselben verursacht. Sie heißt auch wohl die Newcomen'sche Maschine, indem sie so, wie eben angegeben worden, im Jahre 1710 von Thomas Newcomen eingerichtet worden ist.

Ueber die atmosphärischen Maschinen wird in diesem Werke nicht gehandelt werden, weil sie wenig mehr in Gebrauch sind, und weil man für ihre zweckmäßige Einrichtung und Zusammensetzung keine andern Regeln anzugeben hat, als diejenigen, welche zu demselben Zweck für die eigentlichen Dampfmaschinen anwendbar gemacht werden sollen.

b) Die atmosphärische Maschine erfährt einige Veränderung in ihrer Construction, wenn man, statt den Druck der Atmosphäre zu benutzen, den Dampfdruck selbst anwenden will. Diesen Dampf muß man alsdann abwechselnd über und unter dem Kolben in den verschlossenen Cylinder eintreten lassen und von da wieder nach dem Condensator leiten können; aber nur auf einer von den beiden Seiten des Kolbens kann der Dampfdruck, um die Maschine dadurch in Bewegung zu setzen, ausgeübt werden, indem man den Dampf auf die andere Seite des Kolbens nur einströmen läßt, um der Dampfspannung an der andern Seite das Gleichgewicht zu halten, sobald der Kolben zurückbewegt werden soll. Zur Bewegung einer auf diese Weise eingerichteten Maschine ist deshalb keine Luft, sondern allein Dampf erforderlich. Eine solche Maschine ist eine wahre Dampfmaschine, aber sie ist, wie man sich auszudrücken pflegt, nur einfachwirkend, weil der Dampfdruck nur in der einen Richtung des Kolbenzuges der Last Bewegung mittheilt, und die Bewe-

gung des Kolbens in der andern oder entgegengesetzten Richtung nur durch Gegengewichte oder anwesende schwere Theile bewerkstelligt wird. Bei dem Heben des Wassers durch Pumpen werden die einfachwirkenden Maschinen (besonders wenn man Dampf von 4 und mehr Atmosphären Spannung anwendet) häufig angewendet, und wir werden sie weiter unten näher kennen lernen *).

c) Bei den meisten Maschinen ist es erforderlich, daß die bewegende Kraft während der ganzen Wirkung regelmäßig sei und mit gleicher Kraft wirke. Verleiht in einem solchen Falle die bewegende Kraft demjenigen Theile der Maschine, auf welchen sie unmittelbar wirkt, eine wiederkehrend geradlinige Bewegung, so muß ihr Wirkungsvermögen in beiden Richtungen der Bewegung sich gleich sein. Soll nun eine solche regelmäßige Bewegung durch Dampf hergestellt werden, welcher auf einen massiven Kolben **C** Fig. 2 in einem von allen Seiten verschlossenen Cylinder **A B D E** wirkt, so muß der Dampfdruck abwechselnd auf die untere und obere Fläche des Kolbens in demselben Maße ausgeübt werden. Die Maschine, welche nach diesem Grundsatz eingerichtet ist, heißt eine doppeltwirkende Dampfmaschine; sie besitzt oder gewährt vor den einfachwirkenden Maschinen Vortheile, durch welche ihre Anwendung, mit Ausnahme einzelner Fälle, ganz allgemein geworden ist. Das Spiel dieser Art von

*) James Watt, geb. 1736 und gest. 1819, erfand die einfach wirkende Dampfmaschine und brachte sie 1769 in Gebrauch. Die doppeltwirkenden Dampfmaschinen wurden ebenfalls von ihm erfunden, und seit 1782 sind sie nach und nach fast ausschließlich in Gebrauch gekommen. Dieser englische Maschinenbauer hat das Meiste zur Verbesserung der Dampfmaschinen beigetragen und sich dadurch einen unsterblichen Namen erworben.

Dampfmaschinen ist folgendes: Der Kolben C paßt genau in den Cylinder ABDE, die Kolbenstange geht durch eine Stopfbüchse, die mit dem Deckel AB verbunden, oder an das Bodenstück DE gefügt ist, so daß der im Cylinder befindliche Dampf an der Kolbenstange durch die Stopfbüchse nicht entweichen kann. Eine Röhre H, welche aus dem Dampfkessel kommt, communicirt durch die Röhren GF und GD mit dem unteren und oberen Theile des Cylinders, und ebenso stehen diese beiden Theile durch die Röhren IKL und EKL mit einem Condensator in Verbindung, welche durch die Hähne a, b, b', a' unterbrochen werden kann *). Oeffnet man den Hahn a zugleich mit dem Hahn a', während b und b' geschlossen sind, so wird der Dampf, welcher sich unter dem Kolben in P befindet, in den Condensator L entweichen, hier verdichtet werden und den größten Theil seiner Spannung verlieren. Der Dampf, welcher aus dem Kessel durch die Röhre GF in den oberen Theil QQ des Cylinders einströmt, wird auf den Kolben C drücken und durch den weit weniger dichten Dampf P (denn man muß sich erinnern, daß der Dampf durch die Condensation nicht gänzlich vernichtet werden kann) wenig gehindert werden, den Kolben sammt der Last, auf welche die Kolbenstange &c. wirkt, vor sich herzutreiben. Ist der Kolbenzug vollbracht, und werden in demselben Augenblicke die Hähne a und a' geschlossen, b und b' dagegen zugleich geöffnet, so wird der Dampf aus dem Kessel alsdann unter den Kolben C strömen und den-

*) Man bedenke wohl, daß die hier angegebene Einrichtung nur gewählt ist, um die Wirkung des Dampfes deutlich zu machen; denn die bestehende Einrichtung ist der Form nach ganz anders, wie sich in der folgenden Abtheilung aus der Beschreibung der Dampfmaschinen ergeben wird.

selben emportreiben, während der Dampf, welcher zuvor über dem Kolben gewirkt hatte, durch die Röhre BIKL in den Condensator entweichen, hier verdichtet werden und an Spannung verlieren wird. Wenn der Dampf immer mit demselben Grade der Spannung unter und über den Kolben strömt, so wird der Kolben C mit ebensoviel Kraft emporgetrieben, als niedergedrückt; das abwechselnde Oeffnen und Verschließen der Hähne a und a', b und b' muß deshalb eine immer gleichkräftige, abwechselnde Bewegung des Kolbens verursachen; diese Bewegung kann durch Hinzufügung von Maschinentheilen regelmäßig, oder wenigstens ausreichend regelmäßig gemacht und in andere Bewegungen verwandelt werden, die zur Verrichtung von eigentlicher Arbeit, wie auch zum regelmäßigen Oeffnen und Schließen der erwähnten Hähne u. s. w. benutzt werden, so daß alle Bewegungen, welche zum ununterbrochenen Gange der Maschine erforderlich sind, durch die Maschine selbst, ohne fremde Hülfe, ausgeführt werden können, sobald man das Feuer unter dem Dampfkessel nur regelmäßig zu unterhalten fortfährt, um ohne Unterbrechung Dampf zu erzeugen.

d) Man kann Dampf erzeugen von mehr, als 100° Wärme und von einer höheren Spannung, als von 1 Atmosphäre. Der Druck auf einen Kolben C kann auch auf's Stärkste gesteigert werden, und um einen bestimmten Druck auszuüben, bedarf man einen um so kleineren Cylinder, je höher die Temperatur des Dampfes ist, oder je stärker der Druck ist, welchen der Dampf ausübt. Man kann den Dampf, welcher auf der andern Seite des Kolbens gewirkt hat, immer condensiren; aber wenn der Dampf eine hohe Temperatur und große Dichtigkeit besitzt, wird dazu eine große Quantität kaltes Wasser erforderlich sein. Es kann dann häufig vortheil-

hafter sein, den Dampf nicht zu verdichten, d. h. keinen Condensator anzuwenden, sondern den benutzten Dampf lieber in die freie Luft entweichen zu lassen; es bleibt alsdann dennoch auf der andern Seite des Kolbens ein Widerstand von 1 Atmosphäre zu überwinden. Jenachdem nun der Dampf in den Maschinen von doppelter Wirkung zu einem andern Grade des Druckes benutzt wird und die Maschine mit oder ohne Condensator arbeitet, unterscheidet man die Dampfmaschine in Maschinen von niederem, von mittlerem und von hohem Druck.

Maschinen von niederem Drucke oder Niederdruckmaschinen werden die Dampfmaschinen genannt, wenn sie durch Dampf von nicht höherem Drucke, als von 1 bis 2 Atmosphären, d. h. durch einen Dampfdruck, getrieben werden, der um 1 Atmosphäre stärker ist, als der gewöhnliche atmosphärische Druck. Hochdruckdampf heißt solcher, dessen Spannung mehr als 1 oder 2 Atmosphären beträgt, und bei welchen man keinen Condensator anwendet. Dampf von 5 und mehr Atmosphären Druck ist also Hochdruckdampf. Solange die Maschine mit einem Condensator arbeitet, während der Dampf ursprünglich einen Druck von reichlich 1 Atmosphäre, oder von 2 und mehr Atmosphären besitzt, und auch während der Bewegung Gelegenheit hat, durch Ausdehnung zu wirken, nennt man sie eine Dampfmaschine von mittlerem Druck.

c) Hierzu wird vorausgesetzt, daß der Dampf so lange fortwährend in den Cylinder strömt, als der Hub oder das Niedersteigen des Kolbens dauert, so daß, wenn z. B. Fig. 2 der Kolben niedergegangen war bis zu DE, der Dampfhahn a erst geschlossen wird. Die Quantität Dampf, welche während dieser Bewegung des Kolbens verbraucht werden muß, ist gleich dem Inhalte des Cylinders,

d. h. gleich der Oberfläche des Kolbens, multiplicirt mit der Länge des Kolbenzuges. Man kann dann annehmen, daß der Dampfdruck während des Kolbenzuges beständig derselbe bleibe. Aber man kann den Kolben mit einer geringen Quantität Dampf durch den ganzen Cylinder bewegen, wenn man z. B. den Dampfhahn a schon schließt, nachdem der Kolben den vierten Theil, oder die Hälfte, oder drei Viertheile u. s. w. seines Zuges vollbracht hat. Bewegt sich der Kolben dann weiter, so muß die im Cylinder enthaltene Quantität Dampf sich ausdehnen, eine geringere Dichtigkeit bekommen und auch eine geringere Spannung. Nach dieser Verminderung der Spannung kann die fortzubewegende Last nicht mehr so groß sein, als wenn der Dampf mit seinem vollen Drucke während des ganzen Kolbenzuges wirkt, aber die ganze Quantität der Wirkung, welche der Dampf auf diese Weise durch Expansion (Ausdehnung) gewährt, wird — wie sich sehr bald ergeben wird — im Verhältnisse der geringeren dazu verwendeten Quantität Dampf größer sein können, als die Quantität der Wirkung, welche mit dem vollen Dampfdruck ausgeübt wird, und es kann alsdann vortheilhaft sein, den Dampf auf diese Weise, oder, wie man dieses zu nennen pflegt, durch Expansion wirken zu lassen.

Wenn man Dampf von hohem Drucke anwendet, so kann dieses Verfahren ganz besonders von Nutzen sein, denn läßt man den Dampf mit vollem Drucke wirken, so muß man den benutzten Dampf am Ende jedes Kolbenzuges entweichen lassen; dieser Dampf besitzt eine große Spannkraft, z. B. von 6 Atmosphären, und diese Kraft geht bei dem erwähnten Entweichen des Dampfes gänzlich verloren.

Man nehme nun an, daß bei Anwendung von Dampf, welcher z. B. eine Spannung von 6 At-

großen Cylinders durch die Röhre Cd, welche mit dem Hahn e' versehen ist.

Man nehme z. B. an, daß die Hähne f, f' und f'' zu gleicher Zeit geöffnet, daß die andern Hähne geschlossen seien, und daß der Raum über den Kolben E und E' mit Dampf gefüllt sei. Der aus dem Kessel kommende Dampf wird dann durch den Hahn f unter den Kolben E strömen und denselben emportreiben; inzwischen tritt der über dem Kolben E befindliche Dampf durch die Communicationsröhre Ab unter den großen Kolben E' und wird denselben ziemlich mit derselben Kraft emportreiben, mit welcher der Kolben E durch den Dampf aus dem Kessel emporgetrieben wird, während endlich der Dampf, welcher sich über dem Kolben E' befindet, seiner Bewegung kein großes Hinderniß in den Weg legen kann, weil er durch den Hahn f'' in den Condensator entweicht und durch Verdichtung an Spannkraft verliert, oder so viel wie möglich vernichtet wird. Schließt man nun die Hähne f, f' und f'', und öffnet man zugleich die Hähne e, e' und e'', so wird der Dampf aus dem Kessel auf dieselbe Weise den kleinen Kolben niedertreiben, während der unter dem kleinen Kolben benutzte Dampf durch den Hahn e' über den großen Kolben gelangt, sich daselbst ausdehnt und gleichzeitig diesen Kolben niedertreibt, indem der Dampf, welcher zuvor unter dem großen Kolben wirkte, nun durch den geöffneten Hahn e'' in den Condensator entweicht.

Findet diese Wirkung des Dampfes über und unter dem Kolben E und E' anhaltend Statt, so werden die Kolbenstangen F'E' und FE eine ununterbrochene und gleichzeitig wiederkehrend auf- und niedergehende Bewegung erhalten, welche, wenn dieselben z. B. durch einen Galgen FF' verbunden sind, diesem Galgen oder einer einzelnen Stange G mitge-

ABCD; wenn nun Dampf von 4 Atmosphären Spannung angewendet wird, so muß, wenn er den ganzen Cylinder **ABCD** füllt und hernach in den Cylinder abcd gelassen wird, die Spannung bis auf den vierten Theil von 4 Atmosphären, d. h. bis auf 1 Atmosphäre vermindert, werden (die Wirkung der Verdichtung nicht in Anschlag gebracht); da aber der Kolben **E'** eine viermal größere Oberfläche hat, als der Kolben **E**, so muß der Totaldruck auf beide Kolben nothwendig gleich viel betragen. Man kann dann auf diese Weise den Dampf, welcher an der einen Seite des kleinen Kolbens gewirkt hat — und welcher in den Dampfmaschinen, die nicht mit expandirtem Dampfe arbeiten, abgeschlagen wird und verloren geht — in den großen Cylinder übertreten lassen und von demselben noch eine kräftige Wirkung auf den großen Kolben erhalten, worauf man ihn condensiren mag *). Es stehe der Dampfkessel mit dem obern und untern Theile des kleinen Cylinders durch die Röhre **K** in Verbindung, die durch zwei Hähne e und f geschlossen werden kann; es stehe ebenso ein zweiter Cylinder **abcd** von Oben und von Unten in Verbindung mit einem Condensator durch die Röhre **L**, welche mit zwei Hähnen e'' und f'' versehen ist; der obere Theil des kleinen Cylinders stehe ferner in Verbindung mit dem untern Theile des großen Cylinders durch die Röhre **Ab**, welche durch den Hahn f' geschlossen werden kann, und so bestehe ebenfalls eine Verbindung zwischen dem untern Theile des kleinen Cylinders und dem obern Theile des

*) Was hier in Bezug auf die relative Größe der beiden Kolben angenommen worden ist, hat blos als Beispiel dienen sollen und darf keineswegs als ein Ausdruck der wahren Größe betrachtet werden. In der folgenden Abtheilung werden wir hierauf ausführlicher zurückkommen.

Veränderungen erfährt, so wirkt dennoch der Dampf in denselben auf keine besondere Weise.

g) Der Dampf, welcher auf einen runden Kolben in einem stehenden oder liegenden Cylinder wirkt, theilt demselben eine wiederkehrend geradlinige Bewegung mit, welche, muß eine drehende Bewegung Statt haben, wiederum in eine solche Bewegung verwandelt werden muß. Es kann auch die Einrichtung getroffen werden, daß der Dampf unmittelbar eine anhaltend kreisförmige Bewegung erzeugt: es sei **ABCD** Fig. 4 der Durchschnitt eines horizontalen Cylinders, welcher durch zwei runde Scheiben genau verschlossen worden ist; **E** sei eine Achse, welche dampfdicht durch den Cylinder, d. h. durch die eben genannten Schlußscheiben, läuft. Mit dieser Achse sei ein rechtwinkeliger Kolben **F** verbunden, welcher genau an die innere Seite der runden Wandung **BCDA** und an die Schlußscheiben des Cylinders anschließt; **G** sei ein Klappenventil, welches ebenfalls dicht an die Schlußscheiben und an die Achse **E** anschließt. Dieses Klappenventil muß sich bei **l** um einen Dorn drehen können, und an der Seite **cde** dieselbe Krümmung, wie der Cylinder, besitzen, damit, wenn es aufgehoben und in die Dampfbüchse **HI** eingetreten ist, der Kolben **F** Durchgang findet und an die concave Oberfläche der Klappe ebenso dicht anschließt, als an die Wandung **BCDA** des Cylinders. Wenn nun der Dampf bei **A** in den Cylinder treten und bei **B** aus demselben in den Condensator entweichen kann, und wenn man sich die Hähne **a** und **b** beide geöffnet denkt, wie auch den Kolben in der Stellung **Ef**, so muß der Dampf zwischen das Klappenventil **G** und den Kolben **f** strömen und auf letzteren seinen Druck ausüben. Der Druck des Dampfes gegen die Klappe **G** bewirkt, daß diese noch genauer an die Achse **E** anschließt, indem nämlich

theilt und von da auf andere Theile der Maschine fortgepflanzt wird *)

Es ist nun leicht begreiflich, daß der Dampf auf dieselbe Weise in 3 und mehr vereinigten Cylindern durch Ausdehnung wirken kann; — daß die Kolben, statt zusammen auf- und niederzugehen, auch so bewegt werden können, daß der eine auf- und der andere niedersteigt, in welchem Falle der Galgen F'F wegfallen muß, auch dürfen dann nicht der untere und obere Theil der Cylinder miteinander in Verbindung stehen, sondern beide obere und beide untere Theile; — und daß endlich die Hähne e und f, welche wechselsweise während des ganzen Kolbenzuges geöffnet bleiben, weit eher abgeschlossen werden können, so daß der aus dem Kessel strömende Dampf nur einen Theil des Kolbenzuges hindurch mit vollem Druck und im andern Theile des Zuges durch Ausdehnung auf den kleinen Kolben wirkt 2c.

f) Es ist hierbei stillschweigend vorausgesetzt, daß die Cylinder, in welchen der Dampf seinen Druck auf die Kolben ausüben soll, einen senkrechten Stand haben; sie können auch eine schräge und horizontale Richtung erhalten, aber obschon die Zusammensetzung der Maschine dadurch auffallende

---

*) Jonathan Hornblower scheint die erste Idee gehabt zu haben, den Dampf durch Expansion in zwei Cylindern wirken zu lassen (1781). James Watt hatte bereits den Dampf mit Expansion in einem einfachen Cylinder (in seiner Maschine von einfacher Wirkung) angewendet (1778). Aber die Maschinen mit zwei Cylindern, welche mit Hochdruckdampf und mit Expansion desselben arbeiten, sind erst im Jahre 1804 von Arthur Woolf eingeführt worden. Man nennt deshalb diese Maschinen auch wohl Woolf'sche Maschinen, wie man die gewöhnlichen einfach- und doppeltwirkenden Dampfmaschinen Watt'sche Maschinen zu nennen pflegt.

der Kolben AB in dem cylinderförmigen Sector ACBD sich ebenso drehen kann, wie der Kolben F Fig. 4 in dem Cylinder ADCB, und wenn dieser Sector durch die Röhren a und a' zu beiden Seiten des Kolbens B, sowohl mit dem Dampfkessel, als auch die Röhren b und b' mit dem Condensator in Verbindung steht, ebenso wie die stehenden Cylinder Fig. 3 über und unter dem Kolben mit dem Kessel und mit dem Condensator in Verbindung stehen.

Die Art der Einrichtung des Cylinders Fig. 4, damit sich der Kolben F anhaltend in demselben umdrehen könne, kann weit vollkommener sein, als wir eben angegeben haben, und diese ist auch nicht die einzige, welche für diesen Zweck vorgeschlagen wird, aber das eben Mitgetheilte ist nur der Erläuterung wegen vorgetragen und soll keinesweges als eine Anweisung, oder eine Beurtheilung der Eigenthümlichkeiten der bestehenden Einrichtungen betrachtet werden, über welche wir in der folgenden Abtheilung speciell handeln wollen.

die Klappe sich nicht an der Achse E vorüber bewegen kann. Da aber der Kolben f sich mit der Axe E drehen kann, so würde der Dampfdruck auf diesen Kolben denselben auch vorwärts treiben. Der Dampf, welcher sich noch auf der andern Seite des Kolbens befindet, wird durch den Hahn b in den Condensator entweichen.

Ist der Kolben bis an die Röhre B getrieben worden, und wird alsdann der Hahn a geschlossen, so wird der Dampf, welcher sich in dem Cylinder befindet, schon bald Gelegenheit finden, durch die Oeffnung B in den Condensator zu entweichen; aber die Maschine muß dann aufhören, sich zu bewegen, weil der verdünnte Dampf, welcher gleich viel Druck ausübt, gegen G und F nicht im Stande ist, den Kolben F weiter fortzutreiben und die Klappe G zu heben, um dem Kolben F Durchgang zu verschaffen. Wenn man jedoch außerhalb des Cylinders an die Achse E z. B. eine Speiche setzt, die ein hinlänglich schweres Uebergewicht trägt, um die Achse in Umdrehung zu erhalten, so kann die Bewegung des Kolbens auch fortdauern (wozu natürlich auch die Trägheit eines an der Achse E aufgezogenen Schwungrades viel beitragen kann). Das Klappenventil G öffnet sich dann und schließt sich wieder, sobald der Kolben unter demselben durchgegangen ist.

Der Dampf wird hierauf, nachdem der Hahn a geöffnet worden, wieder in den Cylinder streichen und den Kolben sammt der Achse E auf's Neue in Umdrehung versetzen; der Hahn b ist deshalb nicht absolut nothwendig.

h) Der Dampf kann auch einer Achse A Fig. 5 eine abwechselnd kreisförmige Bewegung auf dieselbe Weise mittheilen, wie er einem runden Kolben eine abwechselnd geradlinige Bewegung mittheilt; denn diese Bewegung muß nothwendig Statt finden, wenn

Tab. I.

Temp. des Dampfes nach dem hundertheil. Thermom.	Dampfspannungen, ausgedrückt durch die Höhe einer Quecksilbersäule.	Dampfspannungen, ausgedrückt durch die Höhe einer Wassersäule.	Druck des Dampfes auf den Quadratzoll.	Druck des Dampfes auf den Kreiszoll.	Volumen des Dampfes, wenn dasjenige des Wassers = 1 ist.	Gewicht einer Kubikelle Dampf oder Gewicht des erforderlichen Wassers, um eine Kubikelle Dampf zu erzeugen.
Gr.	Niederl. Zolle.	Niederl. Ellen.	Niederl. Pfunde.	Niederl. Pfunde.	Cubische Einheiten.	Niederl. Pfunde.
24	2,181	0,2965				
25	2,309	0,3139	0,0314	0,0247	44509,64	0,02246
26	2,445	0,3323				
27	2,588	0,3518				
28	2,739	0,3723				
29	2,904	0,3946				
30	3,064	0,4165	0,0416	0,0327	34117,02	0,02931
31	3,241	0,4405				
32	3,426	0,4657				
33	3,619	0,4919				
34	3,825	0,5199				
35	4,040	0,5491	0,0549	0,0431	26311,00	0,03800
36	4,274	0,5810				
37	4,504	0,6122				
38	4,758	0,6467				
39	5,015	0,6817				
40	5,300	0,7204	0,0720	0,0565	20388,33	0,04904
41	5,577	0,7580				
42	5,879	0.7991				
43	6,196	0,8422				
44	6,563	0,8921				
45	6,875	0,9345				
46	7,239	0,9839				
47	7,620	1,0357				
48	8,019	1,0900				
49	8,437	1,1466				

Tab. I. Enthaltend die Spannungen, Drucke, Volumina und specifischen Schweren des Dampfes, dessen Temperatur innerhalb 0 Grad und 100° enthalten ist.

Temp. des Dampfes nach dem hunderttheil. Therm.	Dampfspannungen, ausgedrückt durch die Höhe einer Quecksilbersäule.	Dampfspannungen, ausgedrückt durch die Höhe einer Wassersäule.	Druck des Dampfes auf den Quadratzoll.	Druck des Dampfes auf den Kreiszoll.	Volumen des Dampfes, wenn dasjenige des Wassers = 1 ist.	Gewicht einer Kubikelle Dampf oder Gewicht des erforderlichen Wassers, um 1 Kubikelle Dampf zu erzeugen.
Gr.	Niederl. Zolle.	Niederl. Ellen.	Niederl. Pfunde.	Niederl. Pfunde.	Cubische Einheiten.	Niederl. Pfunde.
0	0,506	0,0688	0,0068	0,0053	185698,69	0,00538
1	0,539	0,0733				
2	0,575	0,0782				
3	0,612	0,0832				
4	0,652	0,0866				
5	0,695	0,0945	0,0094	0,0074	137734,41	0,00726
6	0,739	0,1004				
7	0,787	0,1069				
8	0,837	0,1138				
9	0,891	0,1211				
10	0,947	0,1287	0,0129	0,0101	103418,45	0,00970
11	1,007	0,1369				
12	1,071	0,1456				
13	1,138	0,1547				
14	1,209	0 1643				
15	1,284	0,1745	0,0174	0,0137	77296,80	0,01293
16	1,363	0,1853				
17	1,447	0,1967				
18	1.535	0,2086				
19	1,629	0,2214				
20	1,731	0,2353	0,0235	0,0184	58354,08	0,01713
21	1,832	0,2490				
22	1,942	0,2640				
23	2,058	0,2797				

Tab. I.

Temp. des Dampfes nach dem hunderttheil. Therm.	Dampfspannungen, ausgedrückt durch die Höhe einer Quecksilbersäule.	Dampfspannungen, ausgedrückt durch die Höhe einer Wassersäule.	Druck des Dampfes auf den Quadratzoll.	Druck des Dampfes auf den Kreiszoll.	Volumen des Dampfes, wenn dasjenige des Wassers = 1 ist.	Gewicht einer Kubikelle Dampf oder Gewicht des erforderlichen Wassers, um eine Kubikelle Dampf zu erzeugen.
Gr.	Niederl. Zolle.	Niederl. Ellen.	Niederl. Pfunde.	Niederl. Pfunde.	Cubische Einheiten.	Niederl. Pfunde.
76	29,757	4,043				
77	31,049	4,220				
78	32,389	4,402				
79	33,776	4,591				
80	35,208	4,786	0,4786	0,3759	3469,46	0,2882
81	36,700	4,988				
82	38,238	5,198				
83	39,828	5,414				
84	41,473	5,637				
85	43,171	5,868	0,5868	0,4609	2870,45	0,3483
86	44,926	6,107				
87	46,738	6,353				
88	48,609	6,607				
89	50,538	6,869				
90	52,528	7,140	0,7140	0,5608	2392,01	0,4180
91	54,580	7,419				
92	56,695	7,706				
93	58,874	8,003				
94	61,118	8,308				
95	63,427	8,622	0,8622	0,6772	2009,21	0,4977
96	65,805	8,945				
97	68,259	9,278				
98	70,763	9,619				
99	73,346	9,969				
100	76,000	10,330	1,0330	0,8113	1700,00	0,5882

Tab. I.

Temp. des Dampfes nach dem hunderttheil. Therm.	Dampfspannungen, ausgedrückt durch die Höhe einer Quecksilbersäule.	Dampfspannungen, ausgedrückt durch die Höhe einer Wassersäule.	Druck des Dampfes auf den Quadratzoll.	Druck des Dampfes auf den Kreiszoll.	Volumen des Dampfes, wenn dasjenige des Wassers = 1 ist.	Gewicht einer Kubikelle Dampf oder Gewicht des erforderlichen Wassers, um 1 Kubikelle Dampf zu erzeugen.
Gr.	Niederl. Zolle.	Niederl. Ellen.	Niederl. Pfunde.	Niederl. Pfunde.	Cubische Einheiten.	Niederl. Pfunde.
50	8,874	1,2062	0,1206	0,0947	12574,02	0,07953
51	9,330	1,2680				
52	9,807	1,3329				
53	10,306	1,4000				
54	10,827	1,4717				
55	11,371	1,5456	0,1546	0,1214	9967,78	0,10032
56	11,939	1,6227				
57	12,531	1,7033				
58	13,150	1,7874				
59	13,794	1,8750				
60	14,466	1,9664	0,1966	0,1514	7956,96	0,12560
61	15,170	2,0620				
62	15,896	2,1600				
63	16,656	2,2640				
64	17,447	2,3710				
65	18,271	2,4830	0,2483	0,1950	6391,18	0,15640
66	19,127	2,6100				
67	20,018	2,7110				
68	20,944	2,847				
69	21,906	2,977				
70	22,907	3,014	0,3014	0,2367	5178,43	0,1930
71	23,945	3,254				
72	25,025	3,401				
73	26,143	3,555				
74	27,303	3,711				
75	28,507	3,875	0,3875	0,3043	4223,21	0,2367

Tab. I.

Temp. des Dampfes nach dem hundertheil. Therm.	Dampfspannungen, ausgedrückt durch die Höhe einer Quecksilbersäule.	Dampfspannungen, ausgedrückt durch die Höhe einer Wassersäule.	Druck des Dampfes auf den Quadratzoll.	Druck des Dampfes auf den Kreiszoll.	Volumen des Dampfes, wenn dasjenige des Wassers = 1 ist.	Gewicht einer Kubikelle Dampf oder Gewicht des erforderlichen Wassers, um eine Kubikelle Dampf zu erzeugen.
Gr.	Niederl. Zolle.	Niederl. Ellen.	Niederl. Pfunde.	Niederl. Pfunde.	Cubische Einheiten.	Niederl. Pfunde.
76	29,757	4,043				
77	31,049	4,220				
78	32,389	4,402				
79	33,776	4,591				
80	35,208	4,786	0,4786	0,3759	3469,46	0,2882
81	36,700	4,988				
82	38,238	5,198				
83	39,828	5,414				
84	41,473	5,637				
85	43,171	5,868	0,5868	0,4609	2870,45	0,3483
86	44,926	6,107				
87	46,738	6,353				
88	48,609	6,607				
89	50,538	6,869				
90	52,528	7,140	0,7140	0,5608	2392,01	0,4180
91	54,580	7,419				
92	56,695	7,706				
93	58,874	8,003				
94	61,118	8,308				
95	63,427	8,622	0,8622	0,6772	2009,21	0,4977
96	65,805	8,945				
97	68,259	9,278				
98	70,763	9,619				
99	73,346	9,969				
100	76,000	10,330	1,0330	0,8113	1700,00	0,5882

Tab. III. Enthaltend die Spannungen und Drucke des Dampfes von 121° bis 170°.

Temperatur des Dampfes nach dem hunderttheil. Thermometer.	Dampfspannung, ausgedrückt durch die Höhe einer Quecksilbersäule.		Druck des Dampfes auf den Quadratzoll.	
	Totale Spannung.	Ueberschuß über die atmosphärische Spannung.	Totaler Druck.	Ueberschuß über den atmosphärischen Druck.
Grade.	Niederl. Zolle.	Niederl. Zolle.	Niederl. Pfunde.	Niederl. Pfunde.
121	147,6	71,6	2,006	0,973
122	152,0	76,0	2,066	1,033
123	157,3	81,3	2,138	1,105
124	162,0	86,0	2,202	1,169
125	167,2	91,2	2,273	1,240
126	172,7	96,7	2,347	1,314
127	178,2	102,2	2,422	1,389
128	184,0	108,0	2,501	1,468
129	190,0	114,0	2,582	1,549
130	195,8	119,8	2,662	1,629
131	201,9	125,9	2,744	1,711
132	208,1	132,1	2,820	1,787
133	214,5	138,5	2,916	1,883
134	221,2	145,2	3,006	1,973
135	228,0	152,0	3,099	2,066
136	234,2	158,2	3,184	2,151
137	240,6	164,6	3,271	2,238
138	247,3	171,3	3,361	2,328
139	254,0	178,0	3,453	2,420
140	261,0	185,0	3,547	2,514
141	268,3	192,3	3,647	2,614
142	276,4	200,4	3,751	2,718
143	284,8	207,8	3,871	2,838
144	293,3	217,3	3,987	2,954
145	302,2	226,2	4,108	3,075
146	310,0	234,0	4,214	3,181

Tab. II.

Temperatur des Dampfes nach dem hunderttheiligen Thermometer.	Dampfspannung, ausgedrückt durch die Höhe einer Quecksilbersäule.		Dampfspannung, ausgedrückt durch die Höhe einer Wassersäule.		Druck des Dampfes auf den Quadratzoll.		Druck des Dampfes auf den Kreiszoll.		Volumen des Dampfes, wenn dasjenige des Wassers = 1 ist.	Gewicht einer Kubikelle Dampf oder Gewicht des erforderlichen Wassers, um 1 Kubikelle Dampf zu erzeugen.
	Totale Spannung.	Ueberschuß über die atmosphärische Spannung.	Totale Spannung.	Ueberschuß über die atmosphärische Spannung.	Totaler Druck.	Ueberschuß über den atmosphärischen Druck.	Totaler Druck.	Ueberschuß über den atmosphärischen Druck.		
Grade.	Niederl. Zolle.	Niederl. Zolle.	Niederl. Ellen.	Niederl. Ellen.	Niederl. Pfunde.	Niederl. Pfunde.	Niederl. Pfunde.	Niederl. Pfunde.	Cubische Einheiten.	Niederl. Pfunde.
111	109,5	33,5	14,884	4,554	1,4884	0,4554	1,1690	0,3577	1215,31	0,8228
112	113,2	37,2	15,387	5,057	1,5387	0,5057	1,2084	0,3971	1178,72	0,8483
113	116,7	40,7	15,863	5.533	1,5863	0,5533	1,2458	0,4345	1146,37	0,8723
114	120,1	44,1	16,325	5,995	1,6325	0,5995	1,2822	0,4709	1116,85	0,8953
115	123,7	47,7	16,814	6,484	1,6814	0,6484	1,3205	0,5092	1087,20	0,9198
116	127,4	51,4	17,317	6,987	1,7317	0,6987	1,3600	0,5487	1058,75	0,9445
117	131,2	55,2	17,834	7,504	1,7834	0,7504	1,3996	0,5883	1030 42	0,9704
118	135,1	59,1	18,364	8,034	1,8364	0,8034	1,4423	0,6310	1003,27	0,9967
119	139,2	63,2	18,921	8,591	1,8921	0,8591	1,4860	0,6747	976,25	1,0243
120	143,3	67,3	19,478	9,148	1,9478	0,9148	1,5298	0,7185	950,78	1,0517
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Tab. III. Enthaltend die Spannungen und Drucke des Dampfes von 121° bis 170°.

Temperatur des Dampfes nach dem hunderttheil. Thermometer.	Dampfspannung, ausgedrückt durch die Höhe einer Quecksilbersäule.		Druck des Dampfes auf den Quadratzoll.	
	Totale Spannung.	Ueberschuß über die atmosphärische Spannung.	Totaler Druck.	Ueberschuß über den atmosphärischen Druck.
Grade.	Niederl. Zolle.	Niederl. Zolle.	Niederl. Pfunde.	Niederl. Pfunde.
121	147,6	71,6	2,006	0,973
122	152,0	76,0	2,066	1,033
123	157,3	81,3	2,138	1,105
124	162,0	86,0	2,202	1,169
125	167,2	91,2	2,273	1,240
126	172,7	96,7	2,347	1,314
127	178,2	102,2	2,422	1,389
128	184,0	108,0	2,501	1,468
129	190,0	114,0	2,582	1,549
130	195,8	119,8	2,662	1,629
131	201,9	125,9	2,744	1,711
132	208,1	132,1	2,820	1,787
133	214,5	138,5	2,916	1,883
134	221,2	145,2	3,006	1,973
135	228,0	152,0	3,099	2,066
136	234,2	158,2	3,184	2,151
137	240,6	164,6	3,271	2,238
138	247,3	171,3	3,361	2,328
139	254,0	178,0	3,453	2,420
140	261,0	185,0	3,547	2,514
141	268,3	192,3	3,647	2,614
142	276,4	200,4	3,751	2,718
143	284,8	207,8	3,871	2,838
144	293,3	217,3	3,987	2,954
145	302,2	226,2	4,108	3,075
146	310,0	234,0	4,214	3,181

Tab. III.

Temperatur des Dampfes nach dem hundertheiligen Thermometer.	Dampfspannung, ausgedrückt durch die Höhe einer Quecksilbersäule.		Druck des Dampfes auf den Quadratzoll.	
	Totale Spannung.	Ueberschuß über die atmosphärische Spannung.	Totaler Druck.	Ueberschuß über den atmosphärischen Druck.
Grade.	Niederl. Zolle.	Niederl. Zolle.	Niederl. Pfunde.	Niederl. Pfunde.
147	317,8	241,0	4,319	3,286
148	325,6	249,6	4,426	3,393
149	333,7	257,7	4,536	3,503
150	342,0	266,0	4,648	3,615
151	351,1	275,1	4,772	3,739
152	360,5	284,5	4,900	3,867
153	370,1	294,1	5,031	3,998
154	380,0	304,0	5,165	4,132
155	389,1	313,1	5,289	4,256
156	398,5	322,5	5,417	4,384
157	408,1	332,1	5,547	4,514
158	418,0	342,0	5,681	4,648
159	428,5	352,5	5,824	4,791
160	439,3	363,3	5,971	4,938
161	450,3	374,3	6,121	5,088
162	461,7	385,7	6,276	5,243
163	473,4	397,4	6,435	5,402
164	485,4	409,4	6,597	5,564
165	497,3	421,3	6,759	5,726
166	508,4	432,4	6,910	5,877
167	519,2	443,9	7,067	6,034
168	532,0	456,0	7,231	6,198
169	545,8	469,8	7,418	6,385
170	559,9	483,9	7,610	6,577

Tab. IV. Enthaltend die Spannungen, Drucke, Volumina und specifischen Schweren des Dampfes von 100° bis 266°, was einem Drucke von 1 bis 50 Atmosphären entspricht.

Atmosphären.	Temperatur des Dampfes nach dem hunderttheiligen Thermometer.	Dampfspannungen, ausgedrückt durch die Höhe einer Quecksilbersäule.	Druck des Dampfes auf den Quadratzoll.		Druck des Dampfes auf den Kreiszoll.		Volumen des Dampfes, wenn dasjenige des Wassers = 1 ist.	Gewicht einer Kubikelle Dampf oder Gewicht des erforderlichen Wassers, um 1 Kubikelle Dampf zu erzeugen.
			Totaler Druck.	Ueberschuß über den Druck der Luft.	Totaler Druck.	Ueberschuß über den Druck der Luft.		
	Grade.	Niederl. Zolle.	Niederl. Pfunde.	Niederl. Pfunde.	Niederl. Pfunde.	Niederl. Pfunde.	Cubische Einheiten.	Niederl. Pfunde.
1	100,00	76	1,033	0,000	0,8113	0,0000	1700,00	0,5882
1½	112,20	114	1,550	0,517	1,2169	0,4056	1171,04	0,8539
2	121,40	152	2,066	1,033	1,6226	0,8113	899,61	1,1116
2½	128,80	190	2,583	1,550	2,0282	1,2169	733,41	1,3635
3	135,10	228	3,099	2,066	2,4339	1,6226	620,91	1,6105
3½	140,60	266	3,616	2,583	2,8395	2,0282	539,48	1,8536
4	145,40	304	4,132	3,099	3,2452	2,4339	477,62	2,0937
4½	149,06	342	4,649	3,616	3,6508	2,8395	428,27	2,3350

Tab. IV.

Atmosphären.	Temperatur des Dampfes nach dem hunderttheiligen Thermometer.	Dampfspannungen, ausgedrückt durch die Höhe einer Quecksilbersäule.	Druck des Dampfes auf den Quadratzoll.		Druck des Dampfes auf den Kreiszoll.		Volumen des Dampfes, wenn dasjenige des Wasses = 1 ist.	Gewicht einer Kubikelle Dampf oder Gewicht des erforderlichen Wassers, um 1 Kubikelle Dampf zu erzeugen.
			Totaler Druck.	Ueberschuß über den Druck der Luft.	Totaler Druck.	Ueberschuß über den Druck der Luft.		
	Grade.	Niederl. Zolle.	Niederl. Pfunde.	Niederl. Pfunde.	Niederl. Pfunde.	Niederl. Pfunde.	Cubische Einheiten.	Niederl. Pfunde.
5	153,08	380	5,165	4,132	4,0565	3,2452	389,22	2,5692
5½	156,80	418	5,682	4,649	4,4621	3,6508	357,04	2,8008
6	160,20	456	6,198	5,165	4,8678	4,0565	329,85	3,0317
6½	163,48	494	6,715	5,682	5,2734	4,4621	306,82	3,2593
7	166,50	532	7,231	6,198	5,6791	4,8687	286,89	3,4856
7½	169,37	570	7,748	6,715	6,0847	5,2734	269,55	3,7100
8	172,10	608	8,264	7,231	7,2904	5,6791	254,28	3,9326
9	177,10	684	9,297	8,264	7,3017	7,2904	228,61	4,3844
10	181,60	760	10,330	9,297	8,1130	7,3017	207,83	4,8116
11	186,03	836	11,363	10,330	8,9243	8,1130		

Tab. IV.

Atmosphären.	Temperatur des Dampfes nach dem hunderttheiligen Thermometer.	Dampfspannungen, ausgedrückt durch die Höhe einer Quecksilbersäule.	Druck des Dampfes auf den Quadratzoll.		Druck des Dampfes auf den Kreiszoll.		Volumen des Dampfes, wenn dasjenige des Wassers = 1 ist.	Gewicht einer Kubikelle Dampf oder Gewicht des erforderlichen Wassers, um 1 Kubikelle Dampf zu erzeugen.
			Totaler Druck.	Ueberschuß über den Druck der Luft.	Totaler Druck.	Ueberschuß über den Druck der Luft.		
	Grade.	Niederl. Zolle.	Niederl. Pfunde.	Niederl. Pfunde.	Niederl. Pfunde.	Niederl. Pfunde.	Cubische Einheiten.	Niederl. Pfunde.
12	190,00	912	12,396	11,363	9,7356	8,9243		
13	193,70	988	13,429	12,396	10,5469	9,7356		
14	197,19	1064	14,462	13,429	11,3582	10,5469		
15	200,48	1140	15,495	14,462	12,1695	11,3582	144,39	6,9257
16	203,60	1216	16,528	15,495	12,9808	12,1695		
17	206,57	1292	17,561	16,528	13,7921	12,9808		
18	209,40	1368	18,594	17,561	14,6034	13,7921		
19	212,10	1444	19,627	18,594	15,4147	14,6034		
20	214,70	1520	20,660	19,627	16,2260	15,4147	111,59	8,9615
21	217,20	1596	21,693	20,660	17,0373	16,2260		

Tab. IV.

Atmosphären.	Temperatur des Dampfes nach dem hundertheiligen Thermometer.	Dampfspannungen, ausgedrückt durch die Höhe einer Quecksilbersäule.	Druck des Dampfes auf den Quadratzoll.		Druck des Dampfes auf den Kreiszoll.		Volumen des Dampfes, wenn dasjenige des Wassers = 1 ist.	Gewicht einer Kubikelle Dampf oder Gewicht des erforderlichen Wassers, um 1 Kubikelle Dampf zu erzeugen.
			Totaler Druck.	Ueberschuß über den Druck der Luft.	Totaler Druck.	Ueberschuß über den Druck der Luft.		
	Grade.	Niederl. Zolle.	Niederl. Pfunde.	Niederl. Pfunde.	Niederl. Pfunde.	Niederl. Pfunde.	Cubische Einheiten.	Niederl. Pfunde.
22	219,60	1672	22,726	21,693	17,8486	17,0373		
23	221,90	1748	23,759	22,726	18,6599	17,8486		
24	224,20	1824	24,792	23,759	19,4712	18,6599		
25	226,30	1900	25,825	24,792	20,2825	19,4712	91,42	10,9142
26	228,00	1976	26,858	25,825	21,0938	20,2825		
27	230,46	2052	27,891	26,858	21,9051	21,0938		
28	232,42	2128	28,924	27,891	22,7164	21,9051		
29	234,33	2204	29,957	28,924	23,5277	22,7164		
30	236,20	2280	30,990	29,957	24,3390	23,5277	77,71	12,8674
31	238,04	2356	32,023	30,990	25,1503	24,3390		

Tab. IV.

Atmosphären.	Temperatur des Dampfes nach dem hunderttheiligen Thermometer.	Dampfspannungen, ausgedrückt durch die Höhe einer Quecksilbersäule.	Druck des Dampfes auf den Quadratzoll.		Druck des Dampfes auf den Kreiszoll.		Volumen des Dampfes, wenn dasjenige des Wassers = 1 ist.	Gewicht einer Kubikelle Dampf oder Gewicht des erforderlichen Wassers, um 1 Kubikelle Dampf zu erzeugen.
			Totaler Druck.	Ueberschuß über den Druck der Luft.	Totaler Druck.	Ueberschuß über den Druck der Luft.		
	Grade.	Niederl. Zolle.	Niederl. Pfunde.	Niederl. Pfunde.	Niederl. Pfunde.	Niederl. Pfunde.	Cubische Einheiten.	Niederl. Pfunde.
32	239,81	2432	33,056	32,023	25,9616	25,1503		
33	241,53	2508	34,089	33,056	26,7729	25,9616		
34	243,23	2584	35,122	34,089	27,5842	26,7729		
35	244,85	2660	36,055	35,122	28,3955	27,5842	67,75	14,7582
36	246,46	2736	37,088	36,055	29,2068	28,3955		
37	248,04	2812	38,121	37,088	30,0181	29,2068		
38	249,60	2888	39,054	38,121	30,8294	30,0181		
39	251,08	2964	40,087	39,054	31,6407	30,8294		
40	252,55	3040	41,120	40,087	32,4520	31,6407	60,18	16,6163
41	254,00	3116	42,053	41,120	33,2633	32,4520		

Tab. IV.

Atmosphären.	Temperatur des Dampfes nach dem hunderttheiligen Thermometer.	Dampfspannungen, ausgedrückt durch die Höhe einer Quecksilbersäule.	Druck des Dampfes auf den Quadratzoll.		Druck des Dampfes auf den Kreiszoll.		Volumen des Dampfes, wenn dasjenige des Wassers = 1 ist.	Gewicht einer Kubikelle Dampf oder Gewicht des erforderlichen Wassers, um 1 Kubikelle Dampf zu erzeugen.
			Totaler Druck.	Ueberschuß über den Druck der Luft.	Totaler Druck.	Ueberschuß über den Druck der Luft.		
	Grade.	Niederl. Zolle.	Niederl. Pfunde.	Niederl. Pfunde.	Niederl. Pfunde.	Niederl. Pfunde	Cubische Einheiten.	Niederl. Pfunde.
42	255,43	3192	43,086	42,053	34,0746	33,2633		
43	256,82	3268	44,119	43,086	34,8859	34,0746		
44	258,10	3344	45,152	44,119	35,6972	34,8859		
45	259,52	3420	46,185	45,152	36,5085	35,6972	54,22	18,4424
46	260,88	3496	47,218	46,185	37,3198	36,5085		
47	262,14	3572	48,251	47,218	38,1311	37,3198		
48	263,42	3648	49,284	48,251	38,9424	38,1311		
49	264,69	3724	50,317	49,284	39,7537	38,9424		
50	265,89	3800	51,350	50,317	40,5650	39,7537	49,38	20,2500

Tab. V. Vergleichende Tabelle der drei gewöhnlichsten Thermometerscalen.

Cent.	Reaum.	Fahr.	Cent.	Reaum.	Fahr.
100	80,0	212,0	71	56,8	159,8
99	79,2	210,2	70	56,0	158,0
98	78,4	208,4	69	55,2	156,2
97	77,6	206,6	68	54,4	154,4
96	76,8	204,8	67	53,6	152,6
95	76,0	203,0	66	52,8	150,8
94	75,2	201,2	65	52,0	149,0
93	74,4	199,4	64	51,2	147,2
92	73,6	197,6	63	50,4	145,4
91	72,8	195,8	62	49,6	143,6
90	72,0	194,0	61	48,8	141,8
89	71,2	192,2	60	48,0	140,0
88	70,4	190,4	59	47,2	138,2
87	69,6	188,6	58	46,4	136,4
86	68,8	186,8	57	45,6	134,6
85	68,0	185,0	56	44,8	132,8
84	67,2	183,2	55	44,0	131,0
83	66,4	181,4	54	43,2	129,2
82	65,6	179,6	53	42,4	127,4
81	64,8	177,8	52	41,6	125,6
80	64,0	176,0	51	40,8	123,8
79	63,2	174,2	50	40,0	122,0
78	62,4	172,4	49	39,2	120,2
77	61,6	170,6	48	38,4	118,4
76	60,8	168,8	47	37,6	116,6
75	60,0	167,0	46	36,8	114,8
74	59,2	165,2	45	36,0	113,0
73	58,4	163,4	44	35,2	111,2
72	57,6	161,6	43	34,4	109,4

Tab. V.

Cent.	Reaum.	Fahr.	Cent.	Reaum.	Fahr.
42	33,6	107,6	11	8,8	51,8
41	32,8	105,8	10	8,0	50,0
40	32,0	104,0	9	7,2	48,2
39	31,2	102,2	8	6,4	46,4
38	30,4	100,4	7	5,6	44,6
37	29,6	98,6	6	4,8	42,8
36	28,8	96,8	5	4,0	41,0
35	28,0	95,0	4	3,2	39,2
34	27,2	93,2	3	2,4	37,4
33	26,4	91,4	2	1,6	35,6
32	25,6	89,6	1	0,8	33,8
31	24,8	87,8	0	0,0	32,0
30	24,0	86,0	— 1	— 0,8	30,2
29	23,2	84,2	2	1,6	28,4
28	22,4	82,4	3	2,4	26,6
27	21,6	80,6	4	3,2	24,8
26	20,8	78,8	5	4,0	23,0
25	20,0	77,0	6	4,8	21,2
24	19,2	75,2	7	5,6	19,4
23	18,4	73,4	8	6,4	17,6
22	17,6	71,6	9	7,2	15,8
21	16,8	69,8	10	8,0	14,0
20	16,0	68,0	11	8,8	12,2
19	15,2	66,2	12	9,6	10,4
18	14,4	64,4	13	10,4	8,6
17	13,6	62,6	14	11,2	6,8
16	12,8	60,8	15	12,0	5,0
15	12,0	59,0	16	12,8	3,2
14	11,2	57,2	17	13,6	1,4
13	10,4	54,4	18	14,4	—0,4
12	9,6	53,6	19	15,2	2,2

Tab. V.

Cent.	Reaum.	Fahr.	Cent.	Reaum.	Fahr.
20	16,0	4,0	31	24,8	23,8
21	16,8	5,8	32	25,6	25,6
22	17,6	7,6	33	26,4	27,4
23	18,4	9,4	34	27,2	29,2
24	19,2	11,2	35	28,0	31,0
25	20,0	13,0	36	28,8	32,8
26	20,8	14,8	37	29,6	34,6
27	21,6	16,6	38	30,4	36,4
28	22,4	18,4	39	31,2	38,2
29	23,2	20,2	40	32,0	40,0
30	24,0	22,0			

Reaum.	Celsius.	Fahr.	Reaum.	Celsius.	Fahr.
80	100,00	212	65	81,25	178,25
79	98,75	209,75	64	80,00	176,00
78	97,50	207,50	63	78,75	173,75
77	96,25	205,25	62	77,50	171,50
76	95,00	203,00	61	76,25	169,25
75	93,75	200,75	60	75,00	167,00
74	92,50	198,50	59	73,75	164,75
73	91,25	196,25	58	72,50	162,50
72	90,00	194,00	57	71,25	160,25
71	88,75	191,75	56	70,00	158,00
70	87,50	189,50	55	68,75	155,75
69	86,25	187,25	54	67,50	153,50
68	85,00	185,00	53	66,25	151,25
67	83,75	182,75	52	65,00	149,00
66	82,50	180,50	51	63,75	146,75

Tab. V.

Reaum.	Celsius.	Fahr.	Reaum.	Celsius.	Fahr.
50	62,50	144,50	19	23,75	74,75
49	61,25	142,25	18	22,50	72,50
48	60,00	140,00	17	21,25	70,25
47	58,75	137,75	16	20,00	68,00
46	57,50	135,50	15	18,75	65,75
45	56,25	133,25	14	17,50	63,50
44	55,00	131,00	13	16,25	61,25
43	53,75	128,75	12	15,00	59,00
42	52,50	126,50	11	13,75	56,75
41	51,25	124,25	10	12,50	54,50
40	50,00	122,00	9	11,25	52,25
39	48,75	119,75	8	10,00	50,00
38	47,50	117,50	7	8,75	47,75
37	46,25	115,25	6	7,50	45,50
36	45,00	113,00	5	6,25	43,25
35	43,75	110,75	4	5,00	41,00
34	42,50	108,50	3	3,75	38,75
33	41,25	106,25	2	2,50	36,50
32	40,00	104,00	1	1,25	34,25
31	38,75	101,75	0	0,00	32,00
30	37,50	99,50	—1	—1,25	29,75
29	36,25	97,25	2	2,50	27,50
28	35,00	95,00	3	3,75	25,25
27	33,75	92,75	4	5,00	23,00
26	32,50	90,50	5	6,25	20,75
25	31,25	88,25	6	7,50	18,50
24	30,00	86,00	7	8,75	16,25
23	28,75	83,75	8	10,00	14,00
22	27,50	81,50	9	11,25	11,75
21	26,25	79,25	10	12,50	9,50
20	25,00	77,00	11	13,75	7,25

Tab. V.

Reaum.	Celsius.	Fahr.	Reaum.	Celsius.	Fahr.
12	15,00	5,00	23	28,75	19,75
13	16,25	2,75	24	30,00	22,00
14	17,50	0,50	25	31,25	24,25
15	18,75	− 1,75	26	32,50	26,50
16	20,00	4,00	27	33,75	28,75
17	21,25	6,25	28	35,00	31,00
18	22,50	8,50	29	36,25	33,25
19	23,75	10,75	30	37,50	35,50
20	25,00	13,00	31	38,75	37,75
21	26,25	15,25	32	40,00	40,00
22	27,50	17,50			

Fahr.	Reaum.	Celsius.	Fahr.	Reaum.	Celsius.
212	80,00	100,00	196	72,88	91,11
211	79,55	99,44	195	72,44	90,55
210	79,11	98,88	194	72,00	90,00
209	78,66	98,33	193	71,55	89,44
208	78,22	97,77	192	71,11	88,88
207	77,77	97,22	191	70,66	88,33
206	77,33	96,66	190	70,22	87,77
205	76,88	96,11	189	69,77	87,22
204	76,44	95,55	188	69,33	86,66
203	76,00	95,00	187	68,88	86,11
202	75,55	94,44	186	68,44	85,55
201	75,11	93,88	185	68,00	85,00
200	74,66	93,33	184	67,55	84,44
199	74,22	92,77	183	67,11	83,88
198	73,77	92,22	182	66,66	83,33
197	73,33	91,66	181	66,22	82,77

Tab. V.

Fahr.	Reaum.	Celsius.	Fahr.	Reaum.	Celsius.
180	65,77	82,22	149	52,00	65,00
179	65,33	81,66	148	51,55	64,44
178	64,88	81,11	147	51,11	63,88
177	64,44	80,55	146	50,66	63,33
176	64,00	80,00	145	50,22	62,77
175	63,55	79,44	144	49,77	62,22
174	63,11	78,88	143	49,33	61,66
173	62,66	78,33	142	48,88	61,11
172	62,22	77,77	141	48,44	60,55
171	61,77	77,22	140	48,00	60,00
170	61,33	76,66	139	47,55	59,44
169	60,88	76,11	138	47,11	58,88
168	60,44	75,55	137	46,66	58,33
167	60,00	75,00	136	46,22	57,77
166	59,55	74,44	135	45,77	57,22
165	59,11	73,88	134	45,33	56,66
164	58,66	73,33	133	44,88	56,11
163	58,22	72,77	132	44,44	55,55
162	57,77	72,22	131	44,00	55,00
161	57,33	71,66	130	43,55	54,44
160	56,88	71,11	129	43,11	53,88
159	56,44	70,55	128	42,66	53,33
158	56,00	70,00	127	42,22	52,77
157	55,55	69,44	126	41,77	52,22
156	55,11	68,88	125	41,33	51,66
155	54,66	68,33	124	40,88	51,11
154	54,22	67,77	123	40,44	50,55
153	53,77	67,22	122	40,00	50,00
152	53,33	66,66	121	39,55	49,44
151	52,88	66,11	120	39,11	48,88
150	52,44	65,55	119	38,66	48,33

Tab. V.

Fahr.	Reaum.	Celsius.	Fahr.	Reaum.	Celsius.
118	38,22	47,77	87	24,44	30,55
117	37,77	47,22	86	24,00	30,00
116	37,33	46,66	85	23,55	29,44
115	36,88	46,11	84	23,11	28 88
114	36,44	45,55	83	22,66	28,33
113	36,00	45,00	82	22,22	27,77
112	35,55	44,44	81	21,77	27,22
111	35,11	43,88	80	21,33	26,66
110	34,66	43,33	79	20,88	26,11
109	34,22	42,77	78	20,44	25,55
108	33 77	42,22	77	20,00	25,00
107	33,33	41,66	76	19,55	24,44
106	32,88	41,11	75	19,11	23,88
105	32,44	40,55	74	18,66	23,33
104	32,00	40,00	73	18,22	22,77
103	31,55	39,44	72	17,77	22,22
102	31,11	38,88	71	17,33	21,66
101	30,66	38,33	70	16,88	21,11
100	30,22	37,77	69	16,44	20,55
99	29,77	37,22	68	16,00	20,00
98	29,33	36,66	67	15,55	19,44
97	28,88	36,11	66	15,11	18,88
96	28,44	35,55	65	14,66	18,33
95	28,00	35,00	64	14,22	17,77
94	27,55	34,44	63	13,77	17,22
93	27,11	33,88	62	13,33	16,66
92	26,66	33,33	61	12,88	16,11
91	26,22	32,77	60	12,44	15,55
90	25,77	32,22	59	12,00	15,00
89	25,33	31,66	58	11.55	14,44
88	24,88	31,11	57	11,11	13,88

Tab. V.

Fahr.	Reaum.	Celsius.	Fahr.	Reaum.	Celsius.
56	10,66	13,33	25	3,11	3,88
55	10,22	12,77	24	3,55	4,44
54	9,77	12,22	23	4,00	5,00
53	9,33	11,66	22	4,44	5,55
52	8,88	11,11	21	4,88	6,11
51	8,44	10,55	20	5,33	6,66
50	8,00	10,00	19	5,77	7,22
49	7,55	9,44	18	6,22	7,77
48	7,11	8,88	17	6,66	8,33
47	6,66	8,33	16	7,11	8,88
46	6,22	7,77	15	7,55	9,44
45	5,77	7,22	14	8,00	10,00
44	5,33	6,66	13	8,44	10,55
43	4,88	6,11	12	8,88	11,11
42	4,44	5,55	11	9,33	11,66
41	4,00	5,00	10	9,77	12,22
40	3,55	4,44	9	10,22	12,77
39	3,11	3,88	8	10,66	13,33
38	2,66	3,33	7	11,11	13,88
37	2,22	2,77	6	11,55	14,44
36	1,77	2,22	5	12,00	15,00
35	1,33	1,66	4	12,44	15,55
34	0,88	1,11	3	13,88	16,11
33	0,44	0,55	2	13,33	16,66
32	0,00	0,00	1	13,77	17,22
31	—0,44	—0,55	0	14,22	17,77
30	0,88	1,11	—1	14,66	18,33
29	1,33	1,66	2	15,11	18,88
28	1,77	2,22	3	15,55	19,44
27	2,22	2,77	4	16,00	20,00
26	2,66	3,33	5	16,44	20,55

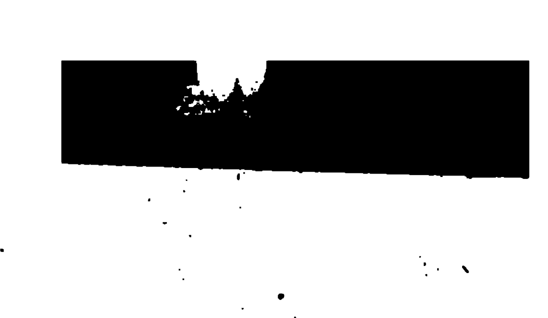
Tab. V.

Fahr.	Reaum.	Celsius.	Fahr.	Reaum.	Celsius.
6	16,88	21,11	24	24,88	31,11
7	17,33	21,66	25	25,33	31,66
8	17,77	22,22	26	25,77	32,22
9	18,22	22,77	27	26,22	32,77
10	18,66	23,33	28	26,66	33,33
11	19,11	23,88	29	27,11	33,88
12	19,55	24,44	30	27,55	34,44
13	20,00	25,00	31	28,00	35,00
14	20,44	25,55	32	28,44	35,55
15	20,88	26,11	33	28,88	36,11
16	21,33	26,66	34	29,33	36,66
17	21,77	27,22	35	29,77	37,22
18	22,22	27,77	36	30,22	37,77
19	22,66	28,33	37	30,66	38,33
20	23,11	28,88	38	31,11	38,88
21	23,55	29,44	39	31,55	39,44
22	24,00	30,00	40	32,00	40,00
23	24,44	30,55			

Zweite Abtheilung.

Beschreibender Theil,

enthält die Beschreibung der verschiedenen Einrichtungen der Dampfmaschinen, die Erklärung ihrer Wirkung, sowie die Entwickelung der Regeln zur Bestimmung ihrer Kraft.



Es sollen in dieser Abtheilung des Werkes die jetzt am Meisten gebräuchlichen Einrichtungen der Dampfmaschine, zwar gedrängt, aber doch so vollständig als möglich beschrieben, und es soll vorher eine Classification derselben gegeben werden, aus welcher es unsern Lesern sogleich deutlich werden wird, daß wir nur die gewöhnlichsten und hauptsächlichsten Arten in dem beschränkten Raume dieses Bandes beschreiben können.

Ueber die Formen und Einrichtungen der verschiedenen besondern Theile der Dampfmaschine, sowie auch über eigenthümliche Einrichtungen, wird jedoch in dieser Abtheilung ebenso wenig geredet werden, als über die Dimensionen dieser Theile. Es werden diese Gegenstände in den folgenden drei Bänden, d. h. in der dritten und vierten Abtheilung, sowie in dem Ergänzungsbande, sehr vollständig abgehandelt werden, auf welche daher verwiesen wird.

Erstes Capitel.

Classification der Dampfmaschinen.

Auf die Classification oder die Zusammensetzung einer Dampfmaschine wirken hauptsächlich drei Umstände ein:

Die Beschaffenheit der Wirkung, welche die Triebkraft des Dampfes bewerkstelligen soll.

Die Größe der Wirkung, welche in einer bestimmten Zeit geleistet werden soll.

Die Art und Weise, wie der Dampf am Zweckmäßigsten, je nach der Beschaffenheit der Leistung, und in einer gegebenen Zeit wirken soll.

Diese Classification, welche von den verschiedenen Fällen der zu erlangenden Leistungen abhängt, bildet die verschiedenen Arten der Dampfmaschinen; man nennt sie daher die allgemeine Classification.

Diejenige Classification, welche von den verschiedenen Fällen abhängt, zu denen die veränderlichen Größen der mitzutheilenden Kraft Veranlassung gibt, bildet die verschiedenen Einrichtungen der Dampfmaschinen, man nennt sie daher specielle Classification.

Die Classification, zu welcher die verschiedene Beschaffenheit des treibenden Dampfes Veranlassung gibt, bildet die verschiedenen Arten des Dampfdruckes; wir nennen diese Classification die secundäre.

Allgemeine Classification.

Man hat drei Hauptarten einer directen Anwendung der Triebkraft des Dampfes, nämlich:

1) Die Ueberwindung eines wiederkehrenden oder intermittirenden Widerstandes.

2) Die Bewegung einer ununterbrochenen Widerstand leistenden Stange.

3) Die Umdrehung einer Welle.

Diese drei verschiedenen Benutzungen der Dampfkraft bilden drei Hauptarten von Dampfmaschinen, nämlich:

Einfachwirkende Maschinen.

Doppeltwirkende Maschinen ohne Rotation.

Doppeltwirkende Maschinen mit Rotation.

Die einfach wirkenden Maschinen werden zum Theil zur Wasserhebung, theils zur Bewegung von Werkzeugs- oder Hülfsmaschinen, wie Hämmern, Scheeren, Durchschlägen, Durchschnitten rc., gebraucht.

Die doppeltwirkenden Maschinen ohne rotirende Bewegung dienen im Allgemeinen als Triebkraft für Gebläse, die in Hüttenwerken rc. angewendet werden, oder für die Luftpumpen der sogenannten atmosphärischen Eisenbahnen.

Die doppeltwirkenden Maschinen mit Rotation werden entweder dazu angewendet, um mittelst einer liegenden Welle die in den Künsten und Gewerben angewendeten Werkzeugs- oder Hülfsmaschinen, oder mittelst einer gekröpften oder Kurbelwelle die Schaufelräder oder die Schnecke eines Dampfbootes, oder endlich die Triebfeder eines Dampfwagens oder einer Locomotive zu bewegen. In dem letztern Falle sind an einer Welle, deren Kurbeln eine verschiedene Einrichtung haben können, die sich jedoch rechtwinklig gegenüberstehen, zwei Räder befestigt, die so belastet sind, um an der Fahrbahn eine größere Adhäsion zu haben, als die Last der Transportwagen.

Hieraus folgt, daß aus dem Gesichtspuncte der verschiedenen Resultate, zu denen die verschiedenen Benutzungen Veranlassung geben, diese drei großen Abtheilungen der Dampfmaschinen in 6 andere Abtheilungen zerfallen, nämlich:

Einfachwirkende Maschinen	Wasserhebungsmaschinen, Werkzeugsmaschinen.
Doppeltwirkende Maschinen ohne Rotation	Gebläsemaschinen.

Doppeltwirkende Maschinen mit Rotation	Feststehende Maschinen, Schiffsmaschinen, Locomotivmaschinen.

Die Kraft oder Leistung der Dampfmaschinen wechselt, je nach den Bedürfnissen der Arbeit oder der Wirkung, zwischen 20- und 100,000 Kilogrammmetern *) in der Secunde, man mag nun eine oder zwei gekuppelte Maschinen anwenden.

Die zwischen diesen Grenzen befindliche Zahl der Kräfte, für welche man Apparate ausführt, beträgt ohngefähr vierzig, welche man in 7 verschiedene Classen bringen kann, nämlich:

1.	Classe	von	20	bis	300	Kilogrammm.	in d. Sec.
2.	"	"	300	"	900	"	" " "
3.	"	"	900	"	2000	"	" " "
4.	"	"	2000	"	4000	"	" " "
5.	"	"	4000	"	8000	"	" " "
6.	"	"	8000	"	40000	"	" " "
7.	"	"	40000	"	100000	"	" " "

Für eine jede von diesen Classen sind eine oder mehrere Einrichtungen eigenthümlicher und zweckmäßiger, als alle übrigen.

System nennt man die Art und Weise, wie ein Maschinenbauer eine eigenthümliche Einrichtung ausführt.

Secundäre oder untergeordnete Classificirung.

Es gibt viererlei Art und Weise oder Zustände, in denen der Dampf wirken kann:

---

*) Wir haben im Deutschen für Kilogrammmeter den Ausdruck Fußpfund, allein da Maße und Gewicht in Deutschland nicht überall gleich sind, so wenden wir das allen deutschen Technikern bekannte französische Maß und Gewicht an.

1) ohne Expansion und Condensation;
2) ohne Expansion, aber mit Condensation;
3) mit Expansion und Condensation;
4) mit Expansion und ohne Condensation.

Diese vier Zustände des wirksamen Dampfs bilden die vier Arten der Triebkraft, nach denen die verschiedenen Arten und Einrichtungen der Dampfmaschinen, welche wir weiter oben erwähnt haben, mehr oder weniger zweckmäßig ausgeführt werden können. Wir wollen nun diese verschiedenen Arten der Dampfmaschinen nacheinander etwas näher betrachten.

I. Einfachwirkende Wasserhebungsmaschinen.

Wenn man die Triebkraft des Dampfes zur Wasserhebung anwendet, so dient die Maschine im Allgemeinen zur Bewegung von Pumpen.

Wenn die mitzutheilende Kraft nicht bedeutend ist, so erfolgt die Bewegung der Pumpen durch Rotationsmaschinen; ist aber die Kraft bedeutender, als 4000 Kilogrammmeter in der Secunde, so ist es zweckmäßig, die Bewegung des Dampfkolbens auf die Pumpen unmittelbar zu übertragen. Da diese letztern nur einfachwirkend sind, so müssen es die in diesem Falle angewendeten Dampfmaschinen ebenfalls sein. Maschinen dieser Art bezeichnet man gewöhnlich mit der Benennung der Wasserhaltungs-, Wasserhebungs- oder hydraulischen Maschinen, und diese wollen wir nun etwas näher betrachten.

Die Theorie der einfachwirkenden Dampfmaschinen ist genau dieselbe, wie die der doppeltwirkenden, nur ist ihre Leistung bei gleicher Anzahl von Kolbenzügen nur die Hälfte von der der doppeltwirkenden.

Wendet man die Maschinen dieser Art auf die Bewegung der Pumpen an, so bieten sich hauptsächlich zwei Hauptfälle dar:

1) Ob die Pumpen Saug- oder Druckpumpen sind?

2) Ob die Pumpen beides sind?

Im ersteren Falle besteht die zu hebende Last aus:

1) dem über dem Pumpenkolben befindlichen Wasser;

2) Aus den Pumpenstangen und Kolben.

In diesem Falle erfolgt der Niedergang der Kolben und Kolbenstangen nur durch ihr Gewicht, ohne einen Kraftaufwand zu erfordern; das Gewicht dieser Stücke muß alsdann nur im richtigen Gleichgewicht mit der zum Niedergange erforderlichen Belastung stehen, indem sonst die Maschine bei jedem Kolbenzuge eine nutzlose Kraftanwendung haben müßte.

Damit nun das wirkliche Gewicht der Kolben und ihrer Stangen nicht größer sei, als die erforderliche Belastung, um ihren Niedergang zu veranlassen, muß man sie gewöhnlich mit dem Ende eines Balanciers verbinden, dessen anderes Ende mit einem Gegengewicht belastet worden ist.

Diese Einrichtung der Pumpen ist daher bei sehr tiefen Schächten, d. h. bei bedeutendem Gewicht des Schachtgestänges, der Pumpenstangen und Pumpenkolben, nicht sehr zweckmäßig.

Dennoch muß man die Saugpumpen in den Bergwerken häufig anwenden, wenn auch nicht für die ganze Tiefe der Schächte, dennoch wenigstens für die unteren Sätze; denn wenn dieselben unter Wasser kämen, wenn z. B. das Pumpengestänge zerbricht, so kann man nur Saugpumpen gut repariren, wogegen dies bei Druckpumpen häufig gar nicht möglich ist.

Bei den Saug- und Druckpumpen besteht die zu hebende Last nur aus dem Gestänge und aus dem Kolben.

Die Dampfvertheilung bei den Wasserhebungsmaschinen wird gewöhnlich durch Ventile bewirkt. Wir werden diese Art der Dampfvertheilung weiter unten bei der speciellen Beschreibung der verschiedenen Arten der Dampfmaschinen noch näher kennen lernen; hier kann es nur unser Zweck sein, einen allgemeinen Begriff davon, sowie überhaupt von einer sehr einfach eingerichteten Dampfmaschine und ihrer Wirkung zu geben. Bei einer doppeltwirkenden Maschine ist diese Dampfvertheilung weit zusammengesetzter.

Es gibt in dem vorliegenden Falle drei Ventile, nämlich:

das Einströmungsventil;
das Gleichgewichtsventil;
das Exhaustions- oder Condensatorventil.

Das erste gestattet dem Dampfe, daß er in dem Cylinder über dem Kolben eintrete.

Das zweite stellt eine Verbindung der Räume über und unter dem Kolben her.

Das dritte erlaubt dem unter dem Kolben enthaltenen Dampfe in den Condensator zu strömen.

Das erste und das dritte öffnen sich miteinander, wenn sich das zweite verschließt. Alsdann geht der Kolben abwärts, und da die Maschine mit Expansion wirkt, so wird das Dampfventil während des Laufes von dem Kolben von Oben nach Unten geschlossen. Sobald der Kolben an diesem letztern Puncte angelangt ist, verschließt sich das Condensatorventil, während sich das Gleichgewichtsventil öffnet.

Da die Räume über und unter dem Kolben miteinander in Verbindung stehen, so ist der Druck in beiden gleich, und der Kolben steigt in Folge des Gewichtes von dem Gestänge. Kaum hat er den oberſten Punct seines Laufes erreicht, so schließt sich das Gleichgewichtsventil, während sich das Dampf- und das Condensatorventil öffnen u. s. w.

dieser Verbrauch im Durchschnitt auf 4 Kilogrammen und zuweilen auch auf 6 Kilogrammen steigt.

Die Bewegungsübertragung von dem Triebkolben auf das Gestänge und auf die Pumpenkolben kann auf dreierlei Hauptweisen bewirkt werden, nämlich:

1) mittelst eines geraden Balanciers;

2) mittelst eines Winkelbalanciers oder eines Kreuzes;

3) ohne Balancier.

1) Wasserhebungsmaschinen mit geradem Balancier.

Diese Maschinen, welche die beste Einrichtung zur Condensation haben, da, wie schon bemerkt, das dazu erforderliche Wasser durch die eignen Pumpen leicht herbeigeschafft werden kann, lassen sich hauptsächlich zur Wasserhebung aus Bergwerken oder bei Wasserwerken irgend einer Art, mittelst Saug- und Druckpumpen, anwenden.

Sie bestehen aus einem Balancier, welcher von einer Mauer getragen wird, und dessen eine Ende mit der Stange des Triebkolbens, und das andere mit dem Schachtgestänge der Pumpen in Verbindung steht.

Der Lauf des Kolbens wird einerseits durch die Böden der Pumpen beschränkt, gegen welche die Kolben stoßen müßten, und anderen Theils durch einen eisernen Querbalken, der durch ein Ohr des Balanciers geht, und der auch gegen elastische Balken stoßen muß, ehe der Kolben den Boden des Cylinders erreicht hat. Wir sagen „stoßen muß", indem wir von den beiden Enden des Kolbenlaufs reden, weil das Gewicht des Gestänges, sowie der Druck des Dampfes in dem Cylinder und in den Ventilöffnungen so regulirt sind, daß die Stöße bei einem normalen Zustande der Maschine gar nicht stattfinden.

Die Dampfvertheilung bei den Wasserhebungsmaschinen wird gewöhnlich durch Ventile bewirkt. Wir werden diese Art der Dampfvertheilung weiter unten bei der speciellen Beschreibung der verschiedenen Arten der Dampfmaschinen noch näher kennen lernen; hier kann es nur unser Zweck sein, einen allgemeinen Begriff davon, sowie überhaupt von einer sehr einfach eingerichteten Dampfmaschine und ihrer Wirkung zu geben. Bei einer doppeltwirkenden Maschine ist diese Dampfvertheilung weit zusammengesetzter.

Es gibt in dem vorliegenden Falle drei Ventile, nämlich:

das Einströmungsventil;
das Gleichgewichtsventil;
das Exhaustions- oder Condensatorventil.

Das erste gestattet dem Dampfe, daß er in dem Cylinder über dem Kolben eintrete.

Das zweite stellt eine Verbindung der Räume über und unter dem Kolben her.

Das dritte erlaubt dem unter dem Kolben enthaltenen Dampfe in den Condensator zu strömen.

Das erste und das dritte öffnen sich miteinander, wenn sich das zweite verschließt. Alsdann geht der Kolben abwärts, und da die Maschine mit Expansion wirkt, so wird das Dampfventil während des Laufes von dem Kolben von Oben nach Unten geschlossen. Sobald der Kolben an diesem letztern Puncte angelangt ist, verschließt sich das Condensatorventil, während sich das Gleichgewichtsventil öffnet.

Da die Räume über und unter dem Kolben miteinander in Verbindung stehen, so ist der Druck in beiden gleich, und der Kolben steigt in Folge des Gewichtes von dem Gestänge. Kaum hat er den obersten Punct seines Laufes erreicht, so schließt sich das Gleichgewichtsventil, während sich das Dampf- und das Condensatorventil öffnen u. s. w.

Die besondere Art der Arbeit, welche die Maschine verrichten muß, erforderte es, den Gang derselben zu Ende eines jeden Kolbenniederganges zu hemmen, um dadurch die Zahl der Hübe mit der Quantität des zu hebenden Wassers in Uebereinstimmung zu bringen. Hierzu dient eine Vorrichtung, welche gewöhnlich Cataract oder Hubzähler genannt wird.

Wir werden weiter unten näher auf diese Maschine zurückkommen.

2) Waserhebungsmaschine mit Winkelbalancier.

Ein Winkelbalancier oder ein Kreuz ist jedesmal dann bei den Wasserhebungsmaschinen erforderlich, wenn die Pumpen aus hohen Saugsätzen bestehen. Das entgegengesetzte Ende von dem, an welchem das Schachtgestänge hängt, ist mit einer eisernen Stange versehen, an der hinreichende Gegengewichte angehängt worden sind, um den Ueberschuß des Gewichtes der Stangen über dasjenige Gewicht hervorzubringen, welches durchaus zu ihrem Niedergange nöthig, aber unbedeutend ist.

Der Dampfcylinder ist alsdann horizontal und theilt die Bewegung dem Kreuze mittelst einer Stange mit, deren eine Kopf mit dem oberen Ende des Kreuzarmes in Verbindung steht.

Einfachwirkende Maschinen dieser Art kennen wir nicht. Ein Winkelbalancier oder ein Kreuz wird freilich häufig bei Wasserhebungen, die eine geringere Kraft erfordern, angewendet, allein es finden alsdann eigenthümliche Einrichtungen statt, über welche wir jetzt einige Bemerkungen machen wollen.

Es ist bei'm Bergbau häufig der Fall, daß ein Schacht augenblicklich zur Wasserhaltung erforderlich ist, oder, mit anderen Worten, daß eine Maschine für

einen Schacht in ununterbrochener Benutzung bleibt. Ist alsdann in der Nähe ein anderer Kunstschacht befindlich, welcher alsdann zur Wasserhaltung benutzt werden kann, so versetzt man die Maschine nicht sogleich, sondern man verbindet sie durch ein sogenanntes Feldgestänge, d. h. durch eine Reihe horizontaler Stangen mit dem Kreuze, welches über dem neuen Schachte hängt. Zu dem Ende ist es hinreichend, daß die Kolbenstange der Dampfmaschine eine Kurbel bewegt, und daß, obgleich die Maschine doppeltwirkend ist, sie doch nur zum Betriebe einfachwirkender Pumpen dient. Bei einem im Entstehen begriffenen Bergbau und überall da, wo keine bedeutenden Kräfte zur Wasserhaltung erforderlich sind, ist eine solche Maschine sehr zweckmäßig *).

3) Wasserhebungsmaschine ohne Balancier.

Bei diesen Maschinen steht der Dampfcylinder senkrecht, und ihre Kolbenstange liegt in unmittelbarer Verlängerung von der Pumpenstange.

Dieses System ist unter denselben Umständen zweckmäßig, wie das mit geradem Balancier, d. h. bei Saug- und Druckpumpen. Nur dient das Gewicht des Dampfkolbens nicht als Gegengewicht von einem Theile des Gewichtes von dem Schachtgestänge, und man muß daher, um den Ueberschuß des Gewichtes von dem Gestänge auszugleichen, wenn ein solches überhaupt vorhanden ist, eigenthümliche Vor-

*) Man findet die Beschreibung solch einer doppeltwirkenden, mit Hochdruckdampf arbeitenden Dampfmaschine auf der Verona-Galmeigrube in Oberschlesien in dem bergmännischen Taschenbuche von v. Carnall auf das Jahr 1846, S. 51 2c., worauf wir unsere Leser um so mehr verweisen müssen, da der uns hier gesteckte Raum sehr beschränkt ist.

richtungen anwenden, deren man bei'm Bergbau mehrere kennt.

Maschinen dieser Art findet man zu Dugrée bei Lüttich und auf der Steinkohlengrube Bonne Fortune zu Ans, ebenfalls in Belgien. Die erstere arbeitet mit 300 Pferdekräften und dient nicht allein zur Wasserhaltung, sondern auch zur Bewegung von Hohöfengebläsen. Maschinen dieser Art sind freilich sehr einfach, allein es scheint dies auch ihr einziger Vorzug zu sein.

II. Werkzeugsdampfmaschinen.

Die sogenannten Werkzeugsdampfmaschinen haben den Zweck, in den Werkstätten die Rotationsmaschinen stets dann zu ersetzen, wenn die Arbeit unterbrochen und gewissermaßen augenblicklich ist. Diese Maschinen haben eine sehr einfache Construction; sie arbeiten weder mit Expansion noch mit Condensation, und es würde gar nicht zweckmäßig sein, diese anzuwenden. Es würde uns offenbar zu weit führen, wenn wir hier Maschinen dieser Art beschreiben und abbilden wollten, jedoch findet man mehrere derselben in der von dem Bearbeiter dieser Auflage herausgegebenen Zeitung für Eisenbahnwesen, Dampfschifffahrt und Dampfmaschinenkunde (bei dem Verleger dieses Werkes) beschrieben und abgebildet.

III. Doppeltwirkende Gebläsedampfmaschinen.

A. Ohne Rotation.

Die doppeltwirkenden Maschinen ohne Rotation werden, wie wir schon weiter oben bemerkten, am Häufigsten zum Betriebe der Gebläse angewendet. Sie bestehen in diesem Falle aus zwei Haupttheilen: aus der Triebmaschine und aus dem Gebläse.

Die Triebmaschine ist auf die Grundsätze der Rotationsmaschinen im Allgemeinen basirt, und von diesen wird weiter unten die Rede sein; jedoch unterscheidet sie sich von diesen dadurch, daß ihr sämmtliche Stücke fehlen, welche zur Umwandlung der auf- und niedergehenden geradlinigen Bewegung des Triebkolbens in die continuirlich kreisförmige der Welle erforderlich sind.

Das Gebläse besteht aus einem Cylinder, in welchem sich ein Kolben bewegt, der seine Bewegung von dem Triebkolben auf verschiedene Weise erlangt, je nach der relativen Stellung der Achsen beider Apparate. Nun unterscheidet man aber bei den Blasecylindern zwei Hauptstellungen ihrer Achse: nämlich die senkrechte und die horizontale.

In beiden Fällen stehen sowohl der Dampf- als auch der Gebläsecylinder fest, und der Lauf, sowie die Geschwindigkeiten der Kolben von beiden, sind unter einander gleich. Es folgt daraus, daß die Stangen entweder so miteinander verbunden sind, daß sie nur eine und dieselbe bilden, oder daß die Bewegung durch einen einfachen Uebertragungsapparat bewerkstelligt worden ist.

Da sich die Cylinderaxen entweder horizontal oder vertical treffen können, so lassen sich 4 Fälle von doppeltwirkenden Maschinen ohne Rotation annehmen, nämlich:

Senkrechter Triebcylinder { Senkrechter Gebläsecylinder. / Horizontaler Gebläsecylinder.
Horizontal. Triebcylinder { Senkrechter Gebläsecylinder. / Horizontaler Gebläsecylinder.

1. Senkrechter Trieb- und Gebläsecylinder.

Es gibt für diesen Fall zwei Einrichtungen.

Die erstere besteht darin, beide Cylinder übereinander anzubringen, so daß sie eine und dieselbe

Achse haben. Diese zuweilen angewendete Einrichtung ist die einfachste, welche man sich denken kann; das einzige Nachtheilige, welches sie hat, besteht darin, daß die Kraftmengen bei'm Auf- und bei'm Niedergange der Kolben verschieden sind. Man muß daher, wie zu Dugrée bei Lüttich, wie wir schon weiter oben bemerkten, eine einfachwirkende Maschine anwenden. Jedoch kann dies nur dann geschehen, wenn an die Kolbenstange ein bedeutendes Gewicht gehängt wird, und dies ist nur in dem Falle zweckmäßig, wenn die Maschine auch zur Wasserhaltung dient, wie es in dem so eben erwähnten Beispiele der Fall ist.

Die zweite Einrichtung besteht darin, zwei Cylinder an den Enden eines Balanciers anzubringen, welcher zur Gerade- oder Parallelführung der Kolbenstangen mit zwei Parallelogrammen versehen ist. Diese Einrichtung, welche fast ausschließlich angewendet worden ist, und den besten Typus von der Art von Maschinen darstellt, mit denen wir uns jetzt beschäftigen, hat gegen die vorhergehende den bedeutenden Vortheil, daß sich das Gewicht der beiden Kolben gegenseitig ausgleicht.

2. Senkrechter Triebcylinder und horizontaler Gebläsecylinder.

Die in diesem Falle anzuwendende zweckmäßige Einrichtung besteht darin, die Bewegung des Triebkolbens dem Gebläsekolben durch einen Balancier mitzutheilen, dessen beide Arme rechtwinklig zu einander stehen, d. h. durch ein Kreuz. Die Verbindung dieses Kreuzes mit den Kolbenstangen erfolgt alsdann entweder mittelst Leitstangen und Leiträhmen, oder unmittelbar durch Parallelogramme.

Diese Einrichtung ist hinsichtlich der Einfachheit sehr zweckmäßig, allein da die Gebläsecylinder gewöhnlich einen sehr großen Durchmesser haben, so

werden sie bei einer horizontalen Stellung leicht oval, welchem Fehler man freilich leicht dadurch abhelfen kann, daß man sie in diesem Falle horizontal ausbohrt. Bei horizontalen Cylindern ruht das Gußeisen des Gebläsekolbens auf der Cylinderwand, während bei senkrechten Cylindern nur die Liderung eine Reibung ausübt.

3. Horizontaler Triebcylinder und senkrechter Gebläsecylinder.

Dieser Fall, der umgekehrte von dem vorhergehenden, wird durch dieselbe Einrichtung gelöſ't, wie vorhergehend, hat aber nicht dieselben Nachtheile; denn eines Theils sind die Dampfcylinder selten so weit und hinreichend dünn, um ein Ovalwerden befürchten zu müssen, und andern Theils ist die Reibung von der Kolbenliderung gegen die untere Cylinderwand bei einer horizontalen Stellung desselben nicht bedeutender, als wie bei einer senkrechten.

Der Vortheil, den eine solche Einrichtung darbietet, indem alle beweglichen Theile des Apparates nicht weit von dem Boden entfernt bleiben, sowie seine ganze Einrichtung machen dieselben im Allgemeinen sehr zweckmäßig, jedoch ist sie unseres Wissens bis jetzt noch nicht angewendet worden.

4. Horizontaler Trieb- und Gebläsecylinder.

Nach dem oben über den zweiten Fall Gesagten, haben wir hier nur noch wenig zu bemerken. Da die Stangen beider Kolben zu einer einzigen vereinigt worden sind, wie bei der ersten Einrichtung im ersten Falle, so ist die zu verbrauchende Kraft beiderseits gleich, allein sie wird auch beiderseits um den ganzen Widerstand vermehrt, welchen die Reibung der beiden Kolben, durch ihr ganzes Gewicht, veranlaßt. Es

folgt daraus, daß, obgleich diese Einrichtung sehr einfach ist, sie doch zuviele Nachtheile hat, um practisch genannt werden zu können.

B. Gebläsemaschinen mit Rotation.

Es kommt bei den Gebläsen ein Fall vor, bei denen man es als unnütz und selbst als nachtheilig ansehen muß, wenn am Ende eines jeden Kolbenzuges ein Stillstand stattfindet, der bei allen übrigen Fällen so vortheilhaft ist; es ist dies in demjenigen Fall, wenn bei einer atmosphärischen Eisenbahn die Luft angesaugt, oder ausgeblasen werden soll. Es ist hierbei die Hauptsache, in einer gegebenen Zeit den möglichst größten Effect hervorzubringen, der verhältnißmäßig variable Kraftverbrauch ist unter diesen Umständen Nebensache. Die Zeit des Stehenbleibens der Kolben ist alsdann unnütz; sie könnte nur für den Verschluß der Ventile einen Vortheil haben, wogegen sie für die nothwendige Bedingung der Geschwindigkeit, welcher diese Apparate entsprechen müssen, durchaus nachtheilig ist. Es folgt daraus, daß diese Maschinen, so groß sie auch sein mögen, stets mit Rotation arbeiten.

Wenn bei diesen rotirenden Gebläsemaschinen die Cylinder senkrecht sind und an den Enden eines Balanciers liegen, so ist die Kurbelstange etwa an $\frac{1}{4}$ von der Länge dieses letzteren angehängt, und der Halbmesser der Kurbel beträgt alsdann nur $\frac{1}{4}$ von dem Kolbenlaufe. Diese Einrichtung, welche der Kraft der Kurbel und Kurbelstange zu widerstehen hat, verdoppelt, hat häufig das Nachtheilige, daß das eine von diesen Stücken zerbricht; aus diesem Grunde ist diese Einrichtung auch nur bei Maschinen unter 25 Pferdekräften zweckmäßig, und es müssen bei stärkeren Gebläsen andere Einrichtungen gewählt werden.

IV. Feststehende doppeltwirkende Rotationsdampfmaschinen.

Diese Maschinen, welche jetzt ganz allgemein verbreitet sind, haben wegen der vielfachen Fälle, unter denen sie angewendet werden, zu einer sehr bedeutenden Menge verschiedenartiger Einrichtungen Veranlassung gegeben.

Diese Einrichtungen, von denen die eine für eine gewisse Leistung und für eine gewisse Kraft zweckmäßiger ist, als die andere, hängen im Allgemeinen von den folgenden drei Umständen ab, nämlich:

1) von den mechanischen Zuständen des Triebcylinders;

2) von der Lage ihrer Achse;

3) von der Lage der Triebwelle.

Der Triebcylinder kann wirklich, nach der Wahl des Maschinenbauers, während des Betriebes einen von den drei folgenden mechanischen Zuständen annehmen, nämlich:

1) der Zustand der Ruhe;

2) der Zustand der Schwingung um eine Achse, die ebenfalls senkrecht auf der Bewegungsebene des Cylinders steht;

3) der Zustand der Rotation um eine Achse, die ebenfalls senkrecht auf der Bewegungsebene des Cylinders steht.

In den beiden ersten Fällen kann die Achse des Cylinders eine von den folgenden allgemeinen Stellungen annehmen, nämlich:

1) die senkrechte Stellung; 2) die geneigte Stellung; 3) die horizontale Stellung.

In dem dritten Falle nimmt die Achse des Cylinders alle diese Stellungen an.

Die Triebwelle kann, wie der Cylinder, die drei obigen Stellungen ebenfalls annehmen. Es folgt daraus, daß die Anzahl der verschiedenen Einrichtun-

gen, welche eine Maschine, in Beziehung auf den Zustand des Triebcylinders, sowie in Beziehung auf die Stellungen, welche dieser und die Triebwelle annehmen können, 27 beträgt. Jedoch giebt es unter diesen Einrichtungen solche, welche gänzlich ungebräuchlich sind, oder welche so wenig angewendet werden, daß man sie gänzlich unberücksichtigt lassen kann. Rechnen wir nun noch die beiden Fälle ab, welche vorkommen können, und bei denen die Triebwelle entweder eine geneigte oder eine senkrechte Stellung hat, so erhalten wir für die gebräuchlichsten Einrichtungen die 7 folgenden, nämlich:

1) Feststehender Cyl., senkrecht stehend; horiz. Triebwelle.
2) " " geneigt; " "
3) " " horizontal; " "
4) Schwingender Cyl., senkrecht; " "
5) " " geneigt; " "
6) " " horizontal; " "
7) Drehender Cylinder, " " "

Eine jede von diesen allgemeinen Einrichtungen giebt Veranlassung zu einer größeren oder geringeren Anzahl besonderer, die man Systeme nennt, und die größtentheils von der Art der Maschine und von der größeren oder geringeren Höhe der Triebwelle über der Sohle der Maschine herrühren.

Es würde uns hier zu weit führen, wollten wir uns noch näher in diese verschiedenen Abtheilungen einlassen; es würde dieses ohne viele Abbildungen und ohne weitläufige Erörterungen gar nicht möglich sein. Wir werden die hauptsächlichsten Arten von Dampfmaschinen in dem Verlaufe des Werkes selbst näher kennen lernen und machen hier nur noch zuvörderst einige allgemeine Bemerkungen über die hauptsächlichsten Systeme der rotirenden Maschinen.

als etwas schwer zu sein. Man wendet die Maschinen mit geneigten Cylindern auf den kleinern Dampfböten an, sobald man den untenliegenden Balancier vermeiden will, und für die Dampfschifffahrt sind sie auch von einiger Wichtigkeit. Man findet eine solche Maschine auf dem Kölner Dampfschiffe: Kronprinz von Preußen.

Maschinen mit schwingenden Cylindern.

Auch gegen diese Maschine erhoben sich anfänglich mehrere practische Schwierigkeiten, so daß man sie nur bei geringeren Kräften anwenden zu können glaubte; allein jetzt wendet man sie mit dem größten Erfolge auch bei großen Kräften an. Auch sie sind hauptsächlich bei der Dampfschifffahrt von großer Wichtigkeit. Man kennt mehrere Systeme derselben, und wir werden die hauptsächlichsten von ihnen weiter unten näher kennen lernen.

Der hauptsächlichste Unterschied der Maschinen mit schwingenden Cylindern liegt darin, ob ihre Drehungsachse in der Mitte ihrer Länge, oder an dem Ende befindlich ist; jedoch sind die erstern weit häufiger als die letzteren.

Maschinen mit drehenden Cylindern.

Es ist uns nicht möglich, von diesen nicht häufig angewendeten Maschinen, von denen es mehrere Abänderungen giebt, ohne zu Abbildungen und weitläufigen Beschreibungen zu greifen, einen richtigen Begriff zu geben. Bis jetzt ist ihre Anwendung noch sehr beschränkt, jedoch dürfte in der Folge dies System wichtiger werden. Wir werden Gelegenheit haben, näher auf diese Maschinen zurückzukommen.

eingelassen sind. Man wendet diese Einrichtungen besonders bei Maschinen zwischen 16 und 75 Pferdekräften an, und sie können natürlich ebenfalls sehr verschiedenartig sein.

3) Maschinen, deren Balancier durch steinerne Pfeiler getragen wird. Gerüste dieser Art werden stets nur bei Maschinen über 60 Pferdekräfte angewendet.

Directwirkende Rotationsmaschinen.

Nächst den Balanciermaschinen werden dieselben am Meisten angewendet. Bei denselben steht die Kolbenstange unmittelbar mit dem Krummzapfen der Triebwelle in Verbindung, so daß die hin- und hergehende Bewegung der ersteren sich ohne Weiteres in eine rotirende Bewegung der letzteren verwandelt. Die bedeutende Classe von Dampfmaschinen, welche nach diesem Systeme erbaut worden sind, hat eine sehr verschiedenartige Einrichtung, welche wir hier nicht genauer auseinanderzusetzen vermögen, da dies ohne viele Abbildungen gar nicht möglich ist. Man wendet diese Systeme stets nur bei solchen Maschinen an, die zu den kleineren gehören, d. h. bis etwa zu 25 Pferdekräften. Wir werden einige Maschinen dieser Art näher kennen lernen.

Horizontale Dampfmaschinen.

Diese Maschinen wurden lange Zeit hindurch von den Maschinenbauern vermieden, da sie durch die ungleiche Reibung des Kolbens in dem Cylinder bald abgenutzt werden. Zuerst wurden sie bei den Locomotiven angewendet, wo sie unerläßlich waren, und doch bewiesen sie, daß das Vorurtheil gegen diese Einrichtung durchaus nicht so ganz und gar gegründet sei. Obgleich die Reibung, welche das Gewicht des Kolbens auf der unteren Cylinderwand hervorbringt,

bedeutender ist, als bei den Maschinen mit senkrechten Cylindern, so veranlaßt sie doch keine so große Abnutzung, daß man auf dieses System gänzlich verzichten müßte.

Die horizontalen Maschinen gewähren den großen Vortheil, daß alle ihre Theile in der Nähe des Bodens liegen, daß folglich das zu ihrer Befestigung erforderliche Gerüst und ihre Aufstellung sehr einfach sind, und beide daher sehr wohlfeil; daß sie sich leicht auseinandernehmen und fortschaffen lassen, welches bei nur temporärem Gebrauch einer Dampfmaschine von wesentlichem Nutzen ist.

Die horizontalen Maschinen sind hauptsächlich zweckmäßig für alle Kräfte und alle Arten ohne Condensation; jedoch wendet man sie auch bei den Systemen mit Condensation, hauptsächlich bei Schiffen an. Man versieht sie in diesem Falle mit einer zuweilen senkrechten, häufiger aber horizontalen Luftpumpe, welche ihre Bewegung entweder direct hinter dem Cylinder, oder durch einen besonderen Balancier erhält. Bei Maschinen von bedeutender Kraft, z. B. bei denen der atmosphärischen Eisenbahnen, wo sie zur Bewegung der ebenfalls horizontalen Luftsauger oder Luftpumpen angewendet werden, befreit man die Maschine selbst von ihrem Condensationsapparate, deren Bewegung man alsdann durch eine kleine besondere Maschine bewirkt.

Da die sämmtlichen Theile einer solchen Maschine in der Nähe des Bodens liegen, so kann man sie auch mit einer weit größeren Geschwindigkeit arbeiten lassen, als andere Maschinen, ohne daß man die heftigen Erschütterungen zu befürchten braucht, welche bei einem raschen Betriebe der Dampfmaschinen unvermeidlich sind.

So kann man mit einer solchen Maschine, die eine Nominalkraft von 20 Pferden hat, wenn sie mit

einer gewöhnlichen Geschwindigkeit betrieben wird, leicht 30 und selbst 40 Pferdekräfte erlangen, sobald eine zweckmäßige Beschleunigung dieser Geschwindigkeit stattfindet. Es ist dies ein in manchen Fällen sehr zu berücksichtigender Umstand, besonders was die Anlagekosten einer solchen Maschine betrifft, jedoch ist dies nicht in allen Fällen zweckmäßig, da es durchaus noch nicht festgestellt ist, ob nicht der Brennmaterialverbrauch und die Unterhaltungskosten im Verhältniß zu der hervorgebrachten Kraft stehen.

Es sind dies die hauptsächlichsten allgemeinen Bemerkungen, welche sich über die horizontalen Dampfmaschinen machen lassen. Weiter unten werden wir eine solche Maschine, um ihre Einrichtung näher kennen zu lernen, mit Hülfe von Abbildungen näher beschreiben, da sie wegen ihrer Einfachheit und Festigkeit, wegen der geringen Kosten, welche ihr Ankauf und ihre Aufstellung machen, sowie endlich wegen der großen Geschwindigkeit, mit welcher sie zu arbeiten vermögen, immer mehr und mehr Eingang finden.

Geneigte Dampfmaschinen.

Diese Maschinen, die man weniger als eine besondere Art, sondern vielmehr als eine Abänderung, entweder der horizontalen oder verticalen Maschinen ansehen muß, haben entweder einen feststehenden oder einen schwingenden Cylinder. Ihre Einrichtung hängt stets von der Entfernung der Triebwelle von der Sohle ab, und das Gerüst ist von der Art, daß die Entfernung des Cylinders von der Triebwelle constant bleibt. Man wendet zu dem Ende häufig ein Gerüst an, welches aus zwei durchbrochenen Platten oder Rähmen besteht, die parallel mit der Bewegungsebene der Maschine sind, und welche zugleich den Cylinder, die Sohlplatte und die Triebwelle umfassen. Es hat diese sehr feste Einrichtung keinen andern Nachtheil,

als etwas schwer zu sein. Man wendet die Maschinen mit geneigten Cylindern auf den kleinern Dampfböten an, sobald man den untenliegenden Balancier vermeiden will, und für die Dampfschifffahrt sind sie auch von einiger Wichtigkeit. Man findet eine solche Maschine auf dem Kölner Dampfschiffe: Kronprinz von Preußen.

Maschinen mit schwingenden Cylindern.

Auch gegen diese Maschine erhoben sich anfänglich mehrere practische Schwierigkeiten, so daß man sie nur bei geringeren Kräften anwenden zu können glaubte; allein jetzt wendet man sie mit dem größten Erfolge auch bei großen Kräften an. Auch sie sind hauptsächlich bei der Dampfschifffahrt von großer Wichtigkeit. Man kennt mehrere Systeme derselben, und wir werden die hauptsächlichsten von ihnen weiter unten näher kennen lernen.

Der hauptsächlichste Unterschied der Maschinen mit schwingenden Cylindern liegt darin, ob ihre Drehungsachse in der Mitte ihrer Länge, oder an dem Ende befindlich ist; jedoch sind die erstern weit häufiger als die letzteren.

Maschinen mit drehenden Cylindern.

Es ist uns nicht möglich, von diesen nicht häufig angewendeten Maschinen, von denen es mehrere Abänderungen giebt, ohne zu Abbildungen und weitläufigen Beschreibungen zu greifen, einen richtigen Begriff zu geben. Bis jetzt ist ihre Anwendung noch sehr beschränkt, jedoch dürfte in der Folge dies System wichtiger werden. Wir werden Gelegenheit haben, näher auf diese Maschinen zurückzukommen.

V. Triebapparate für die Schifffahrt.

Die Triebapparate für die Schifffahrt sind dem Principe nach nur besondere Fälle der feststehenden Rotationsmaschinen, deren Triebwelle in einer mittleren Höhe über der Sohle liegt, die hier nichts anderes als der innere Kiel oder das sogenannte Kielschwein ist.

Im Anfang, als die Dampfschiffe erst aufkamen, erfolgte der Uebergang des Krummzapfens über die todten Puncte, wie bei den feststehenden Rotationsmaschinen, mittelst eines Schwungrades. Später gab man dasselbe wieder auf und zog es vor, auf einem Schiffe zwei Maschinen anzuwenden, von denen eine jede die Hälfte von der ganzen Triebkraft hat. Der Welle wird die Bewegung durch Krummzapfen mitgetheilt, die in Ebenen liegen, welche durch die Rotationsachse gehen und senkrecht aufeinander stehen.

Hätte das Schwungrad keinen andern Nachtheil gehabt, als viel Platz zu nehmen, so würde man es stets beibehalten haben, indem zwei Maschinen stets eine bei Weitem größere Belastung bewirken. Jedoch ist eine der Hauptbedingungen, denen die Triebapparate der Schiffe entsprechen müssen, sie sehr rasch aufhalten und die Richtung wechseln zu können, welches bei einem Schwungrade nur mittelst einer Ein- und Ausrückung, zu deren Bewegung viel Zeit erforderlich, möglich ist, und dann müßte man auch zwei Schwungräder haben, um die Richtung der Bewegung zu verändern, von denen das eine in der entgegengesetzten Richtung von der andern umlaufen kann.

Dagegen lassen sich zwei Maschinen, die so eingerichtet sind, daß sie gleichzeitig regiert werden können, augenblicklich durch Verschließen ihrer Verbindung mit dem Kessel aufhalten, so daß das einzige Stück, welches wie das Schwungrad wirkt, der Triebapparat

selbst ist, dessen Trägheitsmoment sehr schnell durch den Widerstand des Wassers aufgehoben wird.

Lange Zeit hindurch gebrauchte man nur eine Art von Ruderapparat, nämlich die Schaufelräder. Seit einigen Jahren aber tritt mit denselben ein neues System, die Schraube, in eine sehr bedeutende Concurrenz. Man kannte diese Rudervorrichtung schon längere Zeit, allein die Praxis war gegen ihre Anwendung.

Bei Schaufelrädern liegt die Triebwelle quer durch das Rad, bei Schrauben dagegen liegt sie nach der Längenrichtung.

Wir kommen weiter unten auf die Schiffsdampfmaschinen zurück; mehrere Systeme derselben haben wir schon weiter oben kennen gelernt.

VI. Locomotivmaschinen.

Die Anforderungen, die an eine Locomotive oder einen Dampfzugwagen auf Eisenbahnen gemacht werden, veranlassen sowohl für den Kessel, als auch für die Maschine selbst, eigenthümliche Bedingungen. Es muß eine Maschine eine sehr bedeutende Stärke oder Kraft, und der Kessel muß ein bedeutendes Verdampfungsvermögen haben.

Die Maschine muß ferner ihren Bedarf an Wasser und Brennmaterial mit transportiren, und es kann der Dampf weder auf die vortheilhafteste Weise erzeugt, noch verwendet werden.

Da der ganze Dampferzeugungsapparat mitfahren muß, so müssen Gewicht und Volum möglichst klein sein.

Eine Locomotive muß stets mit Hochdruckdämpfen ohne Condensation arbeiten, da sie nur das Wasser zu ihrer Dampferzeugung mit sich führen kann.

Wie bei den Schiffsmaschinen ist kein Schwungrad, und es ist ebensowenig ein Balancier zulässig,

sondern es müssen stets zwei Cylinder angewendet werden.

Man wird jedoch die vielen Unterschiede zwischen Locomotiv- und feststehenden Maschinen weit besser durch eine nähere Beschreibung derselben mit Abbildungen kennen lernen, weshalb wir uns hier dabei nicht länger aufhalten und hier nur noch einige Worte über die verschiedenen Systeme, die jetzt bei den Locomotiven angewendet werden, sagen. Den wesentlichsten Unterschied bedingt die Lage der Cylinder, und man unterscheidet in dieser Beziehung Maschinen mit innenliegenden und solche mit außenliegenden Cylindern.

Ein zweiter Unterschied ist der, ob sie mit oder ohne Condensation arbeiten.

Ein dritter Unterschied endlich wird dadurch veranlaßt, ob die Triebkraft auf zwei oder auf vier Räder wirkt, oder ob die Maschine zwei oder vier Triebräder hat.

Zweites Kapitel.

Beschreibung der Einrichtung der Dampfmaschinen von niederem Druck; Erklärung der Wirkung, Kraftberechnung derselben u. s. w.

Dampfmaschinen von niederem Druck oder Niederdruckmaschinen sind solche, in welchen der Dampf, nachdem er benutzt worden ist, condensirt wird, während auch der Ueberschuß des Dampfdruckes über den atmosphärischen Druck immer geringer als 1 Atmosphäre ist, so daß die ganze Spannung des Dampfes im Kessel immer geringer ist, als die zweifache Spannkraft der atmosphärischen Luft, d. h. geringer als 2 Atmosphären.

Aus dem, was über die Art und Weise, wie der Dampf einer Maschine Bewegung mittheilen kann, in der vorhergehenden Abtheilung gesagt worden ist; ferner auch aus dem, was wir über die Natur und die Eigenschaften des Dampfes verhandelt haben, läßt sich schon im Voraus abnehmen, welches die hauptsächlichsten Theile sind, die in der Zusammensetzung einer Dampfmaschine von niederem Drucke und von sogenannter doppelter Wirkung vorkommen müssen:

1) Ein gehörig eingerichteter Kessel, welcher in einem Ofen steht, oder mit Oefen versehen ist, und in welchem Kessel das Wasser beständig im Kochen erhalten werden muß, um immer ununterbrochen soviel Dampf zu erzeugen, als für die ununterbrochene Bewegung der Maschine erfordert wird.

2) Ein oben und unten geschlossener Cylinder, welcher mittelst einer Röhre, oder auf sonst eine Weise mit dem Kessel in Verbindung steht und einen massiven Kolben enthält, dessen Stange durch den Boden oder durch den Deckel des Cylinders geht, und auf welchen der Dampf aus dem Kessel abwechselnd wirken kann. Die Kolbenstange muß außerhalb des Cylinders mit den Theilen verbunden sein, welche bewegt werden, oder welche die Bewegung auf andere Theile fortpflanzen sollen. Wenn die wiederkehrend geradlinige Bewegung der Kolbenstange durch einen Balancier und eine Kurbel, oder auf irgend eine andere Weise in eine kreisförmige Bewegung umgewandelt wird, so sind meistens auch Theile erforderlich, um die kreisförmige Bewegung soviel wie möglich regelmäßig zu machen und die Kurbeln bei der Veränderung der Richtung der wiederkehrend geradlinigen Bewegung durch ihre todten Puncte zu führen etc.; und diese Mittel bestehen im Allgemeinen in der Anwendung von Schwungrädern.

3) Ein Verdichtungsapparat oder Condensator, welcher mit dem oberen und dem unteren Ende des Cylinders in Verbindung steht und beständig eine Einspritzung von kaltem Wasser empfängt, um den Dampf, welcher auf der einen oder auf der anderen Seite des Dampfkolbens gewirkt hat, zu verdichten, oder so viel wie möglich zu beseitigen.

4) Eine mechanische Einrichtung, welche dazu dient, um abwechselnd die Verbindung des Kessels und des Cylinders, sowie des Cylinders und des Condensators herzustellen und abzusperren, so daß, wenn z. B. das obere Ende des Cylinders aus dem Kessel Dampf empfängt, die Verbindung des untern Endes mit dem Kessel abgesperrt, diejenige dagegen mit dem Condensator geöffnet ist. Dabei ist natürlich eine andere mechanische Einrichtung erforderlich, welche dazu dient, der erwähnten ersten Einrichtung die Bewegung mitzutheilen. Diese Bewegung wird auf eine zweckmäßige Weise unmittelbar oder mittelbar von der Bewegung der Kolbenstange abgeleitet.

5) Ein Mittel, um den Condensator beständig von der Quantität des eingespritzten Wassers und der Luft zu befreien, welche aus diesem Wasser im Condensator entbunden wird; denn durch die Anhäufung des Condensationswassers und der in demselben befindlichen Luft würde die Maschine sehr bald gehemmt werden. Dieses Mittel besteht in einer Saugpumpe, welche den Namen Luftpumpe führt und von der Maschine in Bewegung gesetzt wird.

6) Eine Pumpe, welche ebenfalls durch die Maschine in Bewegung gesetzt wird und aus einem Brunnen oder aus einem anderen Wasserbehälter dem Condensator das nöthige kalte Wasser zuführt. Diese Pumpe heißt die Kaltwasserpumpe und unterscheidet sich dadurch von der andern.

7) Eine Pumpe, welche beständig soviel Wasser in den Kessel pumpt, als aus demselben in der Gestalt von Dampf in die Maschine einströmt. Diese Pumpe, welche das Wasser im Kessel beständig auf gleichem Niveau hält und ihn, so zu sagen, speis't, heißt die Speisepumpe, oder auch wohl die Warmwasserpumpe, weil sie einen Theil des Wassers, welches im Condensator erwärmt und demselben durch die Luftpumpe entzogen worden ist, aufnimmt und in den Kessel führt; denn dieses erwärmte Wasser ist zum Speisen des Kessels natürlich tauglicher als kaltes Wasser, welches langsamer ins Kochen gebracht wird, oder mehr Brennstoff erfordert, um ins Kochen zu kommen, oder das Wasser im Kessel mehr abkühlt und die Dampfbildung mehr hindert, als Wasser, welches bereits bis zu einem gewissen Grade erwärmt ist.

8) Endlich können noch Mittel erfordert werden, wie z. B. conische Pendel u. s. w., um den Zufluß des Dampfes in den Cylinder zu reguliren, damit die bewegende Kraft immer soviel wie möglich mit demselben Maße des Druckes und der Geschwindigkeit wirksam sich erweisen möge.

Es ist natürlich, daß zur Zusammensetzung einer Dampfmaschine noch mehr Theile als die angeführten erforderlich sind; sie sind jedoch die Hauptheile, und bei der ausführlichen Beschreibung derselben wird sich von selbst ergeben, welches die Nebentheile sind. Aus derselben Beschreibung wird man auch vollkommen abnehmen können, wie eine Dampfmaschine von niederem Druck eingerichtet ist, und wie dieselbe ununterbrochen arbeitet.

I. Beschreibung des Kessels, des Ofens, in welchem derselbe steht u. s. w.

Die Form der Dampfmaschinenkessel ist verschieden, jenachdem sie mehr oder weniger groß sind,

und diese Form wird manchmal auch modificiert durch den Ort, wo die Dampfmaschinen aufgestellt werden müssen. Es leuchtet ferner auch ein, daß diese Form dergestalt bestimmt werden müsse, daß die Wärme dem Wasser im Kessel aus dem Feuer am Vortheilhaftesten zugeführt werden könne; daß der Kessel nicht zu voluminös und schwer werde; daß er die Dampfspannung zu ertragen vermöge u. s. w. Man pflegt sich häufig kugelförmiger und cylindrischer Kessel zu bedienen, obschon dieselben nicht auf die vollkommenste Weise alle angeführten Bedingungen erfüllen. In der folgenden Abtheilung wird hierüber weitläuftig gehandelt werden.

Im Großen, und wenn die Form des Kessels in keiner Hinsicht von örtlichen Umständen abhängt, findet man denselben meistentheils von cylindrischer, oder einer solchen Form, welche der cylindrischen nahe kommt. Die Kessel können auch aus verschiedenen cylindrischen Röhren bestehen, welche durch andere Röhren miteinander verbunden werden u. s. w.

Meistentheils werden sie zusammengesetzt aus gewalzten eisernen, oder aus gewalzten kupfernen Blechtafeln, im letzteren Falle z. B., wenn das Wasser, dessen man sich zur Erzeugung des Dampfes bedienen muß, brackisch oder salzig ist, indem das Eisen von solchem Wasser schnell zerfressen wird. Das Gußeisen ist davon zwar ausgeschlossen, jedoch macht man von demselben so wenig wie möglich Gebrauch und hauptsächlich, weil man sich auf die Stärke der gegossenen Kessel weniger verlassen kann; gegenwärtig findet man bei den Dampfmaschinen von niederem Drucke keine Kessel von einem gegossenen Metall.

Die Blechtafeln, aus welchen die Dampfkessel zusammengesetzt sind, werden an den Rändern mit Löchern durchbohrt, soviel erforderlich sind, und dann werden sie [illegible]sonderen Formen für diesen Zweck

nach der bestimmten Form der Oberfläche des Kessels mittels des Hammers rund gebogen. Darauf werden die Ränder der Tafeln aufeinander gelegt, so daß die Löcher genau aufeinander passen, in welche die Nägel kommen, durch welche sie miteinander verbunden werden. Diese Nägel heißen Rietnägel; sie werden geschmiedet und nur mit einem runden Kopfe versehen, alsdann stark geglüht und an der einen Seite durch die Löcher der Metalltafeln gesteckt, worauf alsdann das hervorragende Ende an der andern Seite gut vernietet wird, so daß auch hier der Nagel gleichsam einen Kopf bekommt, und daß deßhalb die Tafeln zwischen die beiden Köpfe der Nägel geklemmt und fest miteinander verbunden sind. Wenn der der Kessel eine solche Gestalt hat, daß seine Wandungen größtentheils oder überall geradlinig sind (was bei den Kesseln der Dampfmaschinen für Dampfboote und Dampfschiffe wohl der Fall zu sein pflegt, so können die Tafeln von zwei Wandungen, die einen rechten oder stumpfen Winkel miteinander bilden, auf die Weise miteinander verbunden werden, daß man die Enden der Tafeln einer dieser Wandungen nach Erforderniß dieses Winkels umbiegt. Hat aber der Kessel nicht allein geradlinige, sondern auch krummlinige oder gebogene Wände, dann bedarf man zu ihrer Vereinigung das sogenannte Winkeleisen, welches zwischen eigenthümlich calibrirten Walzen und von mehreren Stärken und Formen angefertigt wird. Wenn es nach der Form der Ränder der Kesselwände, die es miteinander verbinden soll, gebogen und mit Löchern durchbohrt ist, so werden die gebogenen Tafeln auf den gebogenen Theil, und die geradlinigen Tafeln auf den geradlinigen Theil des Winkeleisens genietet.

Aus der Betrachtung der Figuren, welche sogleich und auch in der Folge erklärt werden sollen,

wird man sich von der erwähnten und von noch anderen Verbindungsarten der Tafeln eine klare Vorstellung machen können, indem der Zweck dieses Werkes es nicht erheischt, über die Verfertigung der Kessel umständlicher zu handeln; deßhalb betrachte man aber diese Verfertigung nicht als einen minderwichtigen Theil der practischen Ausführung, denn sie ist bei'm Bau der Dampfmaschinen gerade ein höchst wichtiger und zugleich ein sehr schwieriger Theil.

Wenn die Umstände nicht gebieten, daß der Feuerraum im Kessel selbst angebracht werde, so wird der Kessel entweder ganz oder zum Theil in einem gemauerten Ofen befestigt, welcher die Einrichtung besitzt, daß die Flamme und der heiße Rauch nebst der erhitzten Luft, nachdem sie vom Feuerheerd aus den ganzen Boden des Kessels bestrichen haben, noch einmal um den Kessel herumgeführt werden, bevor sie in den Schornstein entweichen, indem sie auf diese Weise einen größeren Theil ihrer Wärme an den Kessel abtreten können.

Dieses Alles wird nun deutlicher werden durch folgende Erklärungen und Beschreibungen.

Die Figuren 6 und 7 Nr. 1 und Nr. 2 stellen im Aufriß von Vorn und von der Seite zwei verschiedene Formen runder Kessel dar, wie man dieselben für feststehende Dampfmaschinen meistentheils anzuwenden pflegt.

Der erste Kessel (Fig. 12 Nr. 2) hat einen Boden AB, der ein Wenig nach Einwärts gebogen, folglich inwendig convex, auswendig concav ist, theils um desto zuverlässiger das Wasser im Kessel tragen zu können, theils um der Feuerwärme eine größere Oberfläche darzubieten, theils auch endlich, damit die festen und salzigen Theile, die im Wasser enthalten sind und bei'm Verdampfen desselben zu Boden fallen, soviel wie möglich nach den Ecken A und B

sich begeben mögen. Die krummlinige Gestalt des Bodens verleiht jedoch hauptsächlich größere Stärke und verhindert das Hervortreten einzelner Theile. Die Wände C und D sind ebenfalls krummlinig eingebogen, hauptsächlich der Festigkeit des Kessels halber an diesen Stellen, weil sie von Innen durch das Wasser und den Dampf gedrückt und zu gleicher Zeit von Außen von der Flamme und dem heißen Rauche berührt werden, von welchem letzteren sie bei dieser Einbiegung die Wärme besser aufnehmen können, als wenn sie geradlinig und also vollkommen vertical wären. Man nennt Koffer dieser Art Wagen- oder Kofferkessel.

Der Huth oder die Haube EFG ist ein halber oder etwas mehr, als ein halber Cylinder. Die Enden H und I (Fig. 6 Nr. 1) sind geradlinig.

Der zweite Kessel ist ganz cylinderförmig; die Enden haben die Gestalt von Kugelsegmenten K, oder, was noch besser ist, von halben Kugeln L.

Die Kessel der ersten Gestalt Fig. 6 sind noch bis auf den heutigen Tag bei Dampfmaschinen von niederem Druck am Meisten in Gebrauch. Ueber diejenigen von der zweiten Form, sowie über andere Sorten von Kesseln soll nachher gehandelt werden, und die Verbindungsart der Tafeln läßt sich aus der Betrachtung der Figuren abnehmen.

Häufig werden auch solche Kofferkessel angewendet, durch deren untern Theil eine Rauchröhre geht, wie wir in der dritten Abtheilung näher sehen werden.

Fig. 8 Taf. 2 giebt einen Aufriß des gemauerten Ofens, von Vorn gesehen. Der Kessel ist in diesem Ofen befestigt und von drei Seiten mit Mauern umgeben, auf welchen ein Obdach ruht, der Kessel müßte denn in dem Gebäude stehen, worin sich die Dampfmaschine befindet. Die Seitenmauern sind in Fig. 8 nur zum Theil dargestellt; die Hinter-

mauern und das Obdach sind weggelassen, um nicht durch die Menge Linien die Darstellung undeutlich zu machen; der Aufriß des Schornsteins an der Hintermauer ist durch zwei punctirte Linien angedeutet.

Fig. 9 giebt einen Aufriß des Kessels von der Seite gesehen, sowie derjenigen auf demselben befindlichen Theile, über welche weiter unten gehandelt werden soll. Die Seitenmauern des Ofens sieht man hier nicht, wohl aber den Schornstein hinter der Hinterwand, welche, nebst dem Mauerwerke des Ofens dem Kessel entlang im Durchschnitte dargestellt ist; ein Theil des durchschnittenen Mauerwerkes ist an der Wand des Kessels weggelassen, um die Feuercanäle um den Kessel herum zu zeigen.

Fig. 10 ist der verticale Durchschnitt des Kessels, des Ofens u. s. w. nach der ganzen Länge.

Fig. 11 Taf. 1. Horizontaler oder wagerechter Durchschnitt des Kessels, der um denselben herumlaufenden Feuercanäle und des Schornsteines. Diese Durchschnitte sind genommen nach den Linien XY und xy Fig. 8 und 9.

Fig. 12. Grundriß des Feuerheerdes u. s. w.

Fig. 13 und 14. Verticale Durchschnitte des Kessels, des Feuerheerdes und der Feuerzüge nach den Linien XY und xy Fig. 10. In den Figuren 10 bis 14 und noch deutlicher in der Fig. 18 sind die Verbindungen der Wände und der Böden durch Winkeleisen angegeben; siehe bei t'.

In allen diesen Figuren sind dieselben Theile mit denselben Buchstaben bezeichnet. Die gemauerten Theile sind durch leichte Schraffirungen angedeutet. Die Eigenthümlichkeiten der Construction, welche aus der Betrachtung der Figuren leicht abzunehmen sind, und auch solche, welche in der folgenden Abtheilung speciell erörtert werden müssen, sollen jetzt, um uns der möglichsten Kürze zu befleißigen, nicht beschrieben werden.

A. Kessel, zum größten Theil in dem aus Mauerwerk bestehenden Ofen B befestigt. Manchmal wird derjenige Theil der Haube, welcher über die obersten Lagen des Mauerwerkes vorragt, mit einer dicken Lage Kalk, oder auch mit einem gemauerten Gewölbe bedeckt, wenn nämlich die Umstände nicht gestatten, denselben unter einem Dache gegen Abkühlung durch die umgebende Luft, gegen Wind, gegen Regen u. s. w. zu schützen. Ein solcher Mantel von Kalk liegt dann auf der Haube selbst, so daß die verschiedenen auf dem Kessel angebrachten Röhren aus demselben hervorragen. Wenn es möglich ist, müssen die Steine des Mauerwerkes, in welchem der Kessel sitzt, feuerbeständig oder feuerfest sein, weil diese viel dauerhafter sind und die Wärme von dem Kessel in einem viel geringern Maße aufnehmen und fortpflanzen, als die gewöhnlichen Mauersteine; denn hierin beruht offenbar der Vortheil, weil dann desto weniger Brennstoff erforderlich ist, um das Wasser im Kessel im Kochen zu erhalten, je weniger Gelegenheit vorhanden ist, daß die Wärme des Wassers und der Kesselwandungen, wie auch die Hitze der Flamme und des Rauches, von den Steinen des Ofens aufgenommen und abgeleitet wird. Ueber die Construction dieser O[illegible] die [illegible]en wird im ersten Kapitel der dritten Abtheilung ausführlicher gehandelt werden.

CC Fig. 10, 12 und 13. Feuerheerd, bestehend aus einer gewissen Anzahl viereckiger, oder besser dreieckiger *) Roststäbe, welche durch zwei oder meh-

---

*) In den Figuren auf Taf. 1 ist die angegebene Form der Roststäbe eben nicht die vortheilhafteste; am Besten ist es, wenn sie oben breit sind, auch dichter neben einander liegen, als in der Figur angegeben ist. In Fig. 10 ist auch die Neigung Lc der Hintermauer des Heerdes zu beträchtlich; jedoch über diese und dergleichen bessere Formen und Einrichtungen wird hier auch nicht ausführlich gehandelt, und es muß deshalb auf die dritte Abtheilung verwiesen werden.

rere feste Querstäbe a, b, c unterstützt und mit einem Brecheisen, oder einer Zange vom Einheizer gehoben werden können, damit, wenn nicht mehr geheizt, oder wenn die Glut vermindert werden soll, der Brennstoff in den Aschenraum **D** fallen kann. Die Roststäbe liegen ein Wenig tiefer nach Hinten zu, damit der Einheizer die glühenden Kohlen leichter auf den hintersten Theil des Heerdes schieben könne. Die Thür zum Aschenfall ist in **E**; durch diese Oeffnung wird dem Feuer die Luft zugeführt. Sie ist manchmal mit einer eisernen Thür und einem Schieber versehen, um die zum Brennen des Feuers nöthige Quantität Luft gehörig reguliren zu können. Die Oeffnung des Feuerheerdes, nämlich das Schürloch **F**, welches ein Wenig in die Vordermauer des Ofens hineintritt, wird mit 1 oder 2 eisernen Thüren **G** (Fig. 8, 10 und 15) verschlossen; jede besteht aus zwei mit einander verbundenen eisernen Platten oder Tafeln de, fg (Fig. 15, Nr. 2, 3 und 4), die einen Zwischenraum von einigen Zollen haben, um dadurch soviel wie möglich zu verhindern, daß die Feuerwärme nicht nach Außen strahle; denn die Mittheilung dieser Hitze von der hintern Platte de an die vordere Platte fg wird größtentheils durch die sehr dünne Luft verhindert, welche sich zwischen den genannten Platten befindet (Fig. 15 Nr. 1 giebt die Vorderseite einer dieser Thüren mit ihren Angelbändern und Klinke; Nr. 2, 3 und 4 derselben Figur stellen dieselbe, von der Seite gesehen, nach der Länge und nach der Breite dar). Das Schürloch und der Heerd sind gewöhnlich um eine halbe Mannshöhe über der Sohle angebracht, auf welcher der Einheizer steht, denn es kann sich ereignen, daß diese Sohle tiefer angebracht werden muß, als die wirkliche Erdoberfläche, damit der Kessel nicht, im Verhältniß zur Maschine, zu hoch zu stehen komme. Der Einheizer

muß dann einige Stufen tief hinabsteigen, wie auch häufig in anderen Fällen, um zum Aschenfalle zu gelangen.

Der Feuerheerd läuft nur bis an die Quermauer H unter den Kessel (Fig. 10), denn außer, daß es unnöthig ist, unter der ganzen Länge des Kessels zu feuern, würde es auch für den Einheizer unmöglich sein, den Brennstoff auf dem Heerde gehörig zu vertheilen, sobald die Länge des Heerdes über zwei Ellen beträgt, und dieses ist selbst bei den kleinsten gebräuchlichen Kesseln von niederem Druck bereits der Fall.

Die Quermauer H steht in Verbindung mit der Hintermauer I durch die Seitenmauern K, K', welche das Gewölbe LL' unterstützen, das beinahe dieselbe Höhe, wie der Boden des Kessels hat und vorn bei L viel weniger von demselben entfernt ist, als die Roststangen, während die Entfernung am Ende L' noch geringer ist, um den Zug des Feuers dadurch so viel wie möglich zu befördern.

Die Flamme und der Rauch steigen nicht sogleich in den Schornstein, nachdem sie unter dem Boden des Kessels hingestrichen sind, sondern laufen erst noch einmal längs der Wandungen des Kessels hin. Um alle Seiten des Kessels herum sind deshalb gewölbte Canäle O, O, O, O' im Mauerwerk angebracht, deren Form und Richtung sich aus Betrachtung der Figuren 9 bis 14 ergiebt; in Fig. 11 sind sie durch Pfeilchen angegeben, deren Richtung die Flamme und der Rauch, nachdem sie unter dem Kessel hingestrichen sind, längs den Wandungen des Kessels verfolgen. Diese Canäle heißen die Feuerzüge; manchmal stehen sie in Verbindung mit einem besondern Feuercanale, welcher mitten durch die Länge des Kessels läuft, wie in der Folge angegeben werden soll.

Im obersten Theile des Ofens Fig. 8 sind manchmal der Richtung der längsten Feuerzüge gegenüber Oeffnungen im Mauerwerk angebracht, welche mit eisernen Thüren genau verschlossen werden und einen Zugang zu diesen Zügen gewähren, um dieselben reinigen zu können; aber sehr häufig bestehen diese Oeffnungen nicht, und es wird alsdann die Mauer blos an diesen Stellen geöffnet, um zu den Feuerzügen gelangen zu können; alsdann werden die gemachten Oeffnungen wieder zugemauert.

Der Schornstein **M** befindet sich hinter dem Kessel oder der Seite desselben, je nachdem die Einrichtung oder die örtlichen Umstände dieses verlangen und vorschreiben; die Schornsteinröhre **N** steht von Unten gleich in Verbindung mit dem letzten Feuerzuge **O'**, jedoch kann diese Verbindung abgesperrt werden durch einen Schieber aus Gußeisen **P** (Fig. 8, 9 und 11), welcher von einem Gewichte **Q** getragen wird, das die Schwere dieses Schiebers über einem Leitrade **R** balancirt. Soll das Feuer mehr oder weniger Zug bekommen, oder ganz ausgehen, so braucht man deshalb nur den Schieber **R** emporzuziehen, oder niederzulassen.

Die Oberfläche des Wassers im Kessel Fig. 10, 13 und 14 muß nothwendig bis über die Feuerzüge reichen, jedoch auch unter der Oberfläche des Mauerwerkes selbst dann bleiben, wenn es durch die Erwärmung ausgedehnt ist und höher steht. So lange die Kesselwände, welche auf der Außenseite von der Flamme berührt werden, auch an der Innenseite noch von Wasser bedeckt sind, kann das Metall keine viel höhere Temperatur annehmen, als das Wasser; sind aber die Wände an irgend einer Stelle von Wasser entblößt, dann nehmen sie schnell eine höhere Temperatur an, theilen dieselbe dem Dampfe mit und werden beträchtlich schwächer, während die Dampfspan-

nung im Kessel nach und nach immer zunimmt; und aus diesen beiden Wirkungen können alsdann die unglücklichsten Folgen entspringen. Die Oberfläche des Wassers darf dagegen nicht über die Oberfläche des Mauerwerkes reichen, um keinen so großen Verlust an Wärme zu erfahren, um den Dampfraum S in der Haube des Kessels nicht allzu sehr zu vermindern, und um in gehöriger Entfernung von den Mündungen der Röhren zu bleiben, die auf dem Kessel angebracht sind; denn das Wasser, welches im Kessel mit einer heftigen Bewegung kocht, könnte sonst in diese Röhren spritzen und sich in die Maschine ergießen, wenn diese Entfernung zu klein wäre.

Um die gebogenen Wände, wie auch die geradlinigen Enden des Kessels gegen den Druck von Wasser und Dampf soviel wie möglich zu sichern, werden die ersten durch drei oder mehrere Stäbe oder Anker h, i Fig. 11 und 14, oder durch zwei Reihen von drei und mehreren Stäben (Fig. 13) zusammengehalten, und die letzteren werden durch einen einzigen langen Stab k l verbunden; er ruht auf den drei untersten, wenn die Länge beträchtlich ist, und kann auch in einzelnen Fällen weggelassen werden, wenn die geradlinigen Enden durch das Mauerwerk und in den kurzen querlaufenden Feuerzügen hinlänglich unterstützt sind. Alle diese Anker liegen in halbrunden Bügeln m, welche an den innern Wänden des Kessels festgenietet sind; sie werden mit Bolzen, welche durch die innerhalb der Bügel liegenden Enden laufen, so zu sagen, an die Bügel angehakt.

II. Beschreibung der Theile, welche auf, oder an dem Kessel angebracht sind; Erklärung, Leistungen und Wirkung derselben.

Die Theile, welche auf der Haube des Kessels, oder an demselben angebracht werden, sind folgende:

a) Das Dampfrohr D, welches mit einem, oder mehreren Verlängerungsstücken vom Kessel bis zur Maschine läuft, um ersteren mit dem Dampfcylinder zu verbinden (siehe Fig. 8, 9 und 10); nach einem großen Maßstabe ist dasselbe Fig. 16 im Durchschnitte dargestellt.

b) Das Manometer V Fig. 8, 9, 10 und 18, durch welches die Kraft des Dampfes, d. h. die Größe seiner Spannung im Kessel, angegeben wird.

c) Die Speiseröhre W, sammt dem mit ihr verbundenen Apparate, dazu dienend, den Kessel beständig mit soviel Wasser zu versehen, als aus demselben in der Gestalt des Dampfes fortgeführt wird.

d) Der Wasserstandszeiger im Kessel z Fig. 8, 9, 11 und 19.

e) Das Sicherheitsventil oder die Sicherheitsventile u' und w' Fig. 9, 10, 20 und 21.

f) Der Deckel x'x' des Fahrloches im Kessel mit dem daraufliegenden Luftventil y'. Diese Oeffnung gewährt einen Eingang in den Kessel, um denselben von Zeit zu Zeit reinigen zu können u. s. w. (siehe Fig. 9, 10 und 22).

g) Der Ablaßhahn z', durch welchen das Wasser aus dem Kessel abgelassen werden kann.

Alle diese Stücke sind aus Gußeisen, dabei mit hinlänglich breiten Rändern versehen, die der Form desjenigen Theiles des Kessels angemessen sind, wo sie angesetzt werden müssen, damit sie durch Schraubenbolzen mit dem Kessel gehörig dampfdicht verbun-

den werden können. Da die meisten dieser Stücke aus Röhren bestehen, welche mit dem Innern des Kessels in Verbindung stehen müssen, so werden für diesen Zweck die nöthigen Oeffnungen in die Platten des Kessels gemacht, ehe man dieselben zusammennietet. Die Durchschnitte Fig. 10, 16, 20, 21, 22 zeigen dieses deutlich. In den vier letzten Figuren ist der Durchschnitt der Kesseltafeln durch die Buchstaben a b angegeben, aber die Verbindung der genannten Stücke mit dem Kessel mittelst Schraubenbolzen ist größerer Einfachheit wegen nicht angedeutet worden.

a) Das Dampfrohr. Das Dampfrohr T ist eine verticale Röhre auf demjenigen Theile des Kessels, welcher gerade über dem hintersten Theile des Feuerheerdes liegt, weil auf diesem Puncte der Dampf im Kessel am Geschwindesten und Reichlichsten erzeugt wird. Diese Röhre ist oben mit einem Deckel D′ D′ Fig. 16 verschlossen, auf welchem eine Büchse sitzt, welche mit Werg gefüllt ist, das in Oel, oder in Fett, oder in Wallrath getränkt und mit einem Schraubendeckel f f zusammengepreßt worden ist, um der Stange c d einen dampfdichten Durchgang zu gewähren. Im unteren Theile der Röhre läuft diese Stange oder Spindel durch ein Auge in dem kupfernen Querstäbchen e e, welches genau den Mittelpunct der Röhre durchsetzt. An dieser Stange oder Spindel sitzt das Kegelventil C′, durch welches das Dampfrohr bei e e ganz, oder zum Theil geschlossen werden kann, um entweder den Dampf ganz im Kessel zurückhalten, oder auch das Einströmen desselben in den Dampfcylinder mehr oder weniger hindern und nach Umständen reguliren zu können. Wegen dieses Ventils ist auch das Dampfrohr bei A′ weiter, als bei d, wie dieses unter anderen auch bei Pumpenröhren der Fall zu sein pflegt. Dieses

Ventil ist bekannt unter dem Namen des Stöpfelventils oder des Drosselventils. Die Spindel cd wird auf- und niederbewegt durch eine Schraube hh, welche durch die Schraubenmutter ii läuft; letztere steht in Verbindung mit dem Bügel gg, der auf den Deckel D'D' des Dampfrohrs geschraubt ist, so daß, wenn man den Schwengel k dreht, die Spindel cd mit umgeführt wird und zu gleicher Zeit mit dem Kegelventile C' sich auf- oder niederbewegt. Die Schraube hh kann auch mittelst eines Halses und Kragens mit der Spindel cd in Verbindung stehen, um auf diese Art zu bewirken, daß diese Spindel nur auf- und niederwärts, ohne sich zu drehen, bewegt werde. Manchmal sind die Dampfröhren auch nicht mit einem Drosselventile über dem Kessel versehen, besonders dann nicht, wenn kein zweiter Kessel bei der Maschine angebracht ist. Ueber diesen Punct wird in der Folge ausführlicher gehandelt werden.

Das Dampfrohr A' steht in Verbindung mit dem Dampfcylinder der Maschine durch eine horizontale Röhre B', welche aus einem oder aus mehreren Stücken besteht, auch manchmal, je nach der Entfernung und dem relativen Stande des Kessels und des Cylinders, mit einem Knie versehen ist, um sich auf- oder niederwärts zu wenden. Es ist, wie in der ersten Abtheilung bereits bemerkt worden, für den leichteren Zufluß des Dampfes, und um die Abkühlung desselben zu verhüten, immer vortheilhaft, den Röhren eine ziemlich runde Biegung zu geben, wo sie ihre Richtung verändern müssen; auf diese Weise kann auch die Röhre B' mit der Röhre A' verbunden werden, wie in Fig. 8 bei TU dargestellt ist; denn die runde Biegung bei T kann den Durchgang einer Ventilspindel nicht hindern, indem auf diesen gebogenen Theil gerade über die Mitte des verticalen

Dampfrohres immer eine Stopfbüchse gesetzt werden kann, durch welche die Spindel gleich derjenigen in Fig. 16 läuft, wie dieses in Fig. 8, 9 und 10 dargestellt ist.

b) Das Manometer V Fig. 8, 9, 10 und 18 ist eine doppelt gebogene und mit Quecksilber gefüllte Röhre von Gußeisen, oder in einzelnen Fällen auch wohl von Glas. Dieselbe wird luftdicht am obersten Theile der Haube in den Kessel gesetzt, z. B. an der geradlinigen Vorderwand A Fig. 8, wo der Einheizer sie sehr bequem beobachten kann. An das freie, offene Ende dieser Röhre wird eine graduirte kupferne Scala p' q' Fig. 18 befestigt, und in der Röhre selbst befindet sich auf der Oberfläche des Quecksilbers ein hölzernes Schwimmerchen n' mit dem hölzernen Stiel o', durch welchen der Stand des Quecksilbers in dem aufsteigenden Schenkel der Röhre angezeigt wird.

Wenn der Kessel keinen Dampf, sondern Luft enthält, oder wenn der Dampf im Kessel ebensoviel Spannung besitzt, als die atmosphärische Luft, so wird das Quecksilber in beiden Schenkeln der Röhre gleiches Niveau haben; aber sobald der Dampf eine größere Spannung erlangt, als die atmosphärische Luft, so wird das Quecksilber in dem niedergehenden Schenkel vom Dampfe niedergedrückt, und dasselbe muß in den andern Schenkel steigen. Steht nun das Quecksilber ursprünglich in beiden Schenkeln gleich hoch bei r', und drückt der Dampf dasselbe z. B. zwei Zoll tief hinab bis nach l', so muß dasselbe auch in dem andern Schenkel zwei Zoll über r', d. h. bis nach s', steigen; das Schwimmerchen n' wird also gehoben, und die Quantität des Steigens ist deutlich zu erkennen aus der Graduirung der Scala p' q', welcher gegenüber das Ende o' des hölzernen Stielchens steht; und da das Steigen mit der Span-

nung des Dampfes ganz gleich zunehmen oder abnehmen muß, so zeigt dieses Instrument die Spannung des Dampfes im Kessel an.

Wo man sich der englischen Maße bedient, pflegt die Scala p'q' sechs oder acht englische Zoll lang und in sechs oder sieben Theile und halbe Theile eingetheilt zu sein. Diese Theile haben eine solche Entfernung von einander, daß das Steigen des Stielchens o' um jede solche Abtheilung einer Zunahme der Dampfspannung von 1 englischen Pfd. auf den Quadratzoll über den Druck der Atmosphäre hinaus entspricht.

Rechnet man nach niederländischem Maß und theilt man die Scale in niederländische Zolle ab, so wird die Dampfspannung jedesmal mit 2,72 niederländischen Lothen auf den niederländischen Quadratzoll zunehmen, wenn der kleine Weiser am Schwimmer um 1 niederländischen Zoll steigt; denn wenn der Dampf eine Spannung besitzt von 1,033 Pfund auf den Quadratzoll, so trägt derselbe eine Quecksilbersäule von 76 niederländischen Zollen, und mit $\frac{1}{38}$ von 1,033 Pfund, d. i. mit 2,72 Loth Spannung wird er alsdann 2 Zoll Quecksilber tragen, und soviel muß auch die Zunahme der Spannung für jeden Zoll ausmachen, um welchen der Zeiger steigt, weil die Differenz des Quecksilberniveau's in beiden Schenkeln des Dampfmessers dann auch jedesmal um 2 Zoll zunimmt. Wenn der Zeiger um 14 Zoll steigt, so bekommt der Dampf deshalb eine Spannung von $14 \times 2,72$ Loth $= 38$ Loth auf den Quadratzoll über den Druck der Atmosphäre, und da die Spannung des Dampfes von niederem Druck selten so weit geht, sondern meistens 28 bis 31 Loth beträgt, so ist die Länge von 14 Zoll für die Scale des Zeigers auch ausreichend. Der Zeiger oder das Stielchen o' muß eine solche Länge haben, daß das Ende

auf der Scale der Null gegenübersteht, wenn das Quecksilber in beiden Schenkeln der Röhre gleiches Niveau hat.

c) Die Speiseröhre ist eine verticale Röhre W Fig. 8, 9 und 10, die sich im Kessel bis fast auf den Boden verlängert, damit das von ihr zugeführte Wasser sobald wie möglich warm werden könne, oder auch die wenigste Abkühlung des im Kessel befindlichen Wassers bewirke. Oben ist diese Röhre mit einem Wasserbehälter versehen, dem die Warmwasserröhre uuu Fig. 8 das warme Wasser aus dem Condensator zuführt. Eine andere Röhre vv dient dazu, aus diesem Behälter das überflüssige Wasser abzuführen. Die Mündung der Röhre ist durch einen Spundzapfen n verschlossen, welcher durch eine Spindel mit dem Hebel wopr in Verbindung steht, der sich bei p um einen Nagel dreht und bei w in einer Gabel ruht. Mit dem einen Arme dieses Hebels steht ein sehr starker Eisendraht rs in Verbindung, welcher durch eine Stopfbüchse t in den Kessel sich fortsetzt und einen steinernen Schwimmer s trägt, der auf der Oberfläche des Wassers schwimmt und im Gleichgewichte gehalten wird durch ein Gegengewicht q am andern Arme des erwähnten Hebels rpw. Die Stopfbüchse, durch welche der eiserne Draht rs luftdicht läuft, ist in Fig. 17 ganz besonders im Durchschnitt dargestellt; dieselbe kann z. B. bestehen aus einer Scheibe ll, die mit Schraubenbolzen an den Kessel geschraubt ist und eine runde Oeffnung enthält, in welche die mit geöltem Werg gefüllte Stopfbüchse geschraubt wird. Diese Stopfbüchse ist von allen Seiten luftdicht und besitzt in ihrem obern Theile nur eine kleine runde Oeffnung, durch welche der Draht rs geführt wird.

Die Wirkung dieses Apparates ist einfach: man nehme z. B. an, der Behälter Z sei gefüllt und der

Wasserstand im Kessel beginne zu sinken, so muß der Schwimmer s ebenfalls sinken und den Hebelarm pr niederwärts ziehen; der Zapfen oder das Stöpselventil n wird also gehoben, und das Wasser in Z ergießt sich durch die Röhre w in den Kessel. Sobald der Wasserstand wieder die zuvor bestimmte Höhe erlangt hat, wird der Schwimmer s auch wiederum soviel gestiegen sein, daß der Zapfen n die Röhre w verschließen kann; der Hebelarm pw wird dann von der Gabel w getragen, um eine zu feste Verschließung der Röhre w zu verhinderh. Wenn dann der Speiseapparat seine gehörige Thätigkeit äußert, so muß der Hebel rpw sich unaufhörlich in einer auf- und niedergehenden Bewegung befinden.

Die Höhe der Speiseröhre W über der Oberfläche des Wassers im Kessel muß natürlich so regulirt werden, daß der Druck der Luft auf das Wasser Z sammt dem Drucke der ganzen Wassersäule von der Oberfläche Z bis zur Wasseroberfläche im Kessel etwas mehr beträgt, als der Dampfdruck; denn wäre dieser letztere Druck größer, oder dem ersteren gleich, so könnte das Wasser nicht durch die Röhre W in den Kessel laufen, sondern müßte aus derselben zurückgetrieben werden, oder in ihr stehen bleiben. Besäße z. B. der Dampf im Kessel eine Spannung von 3 Unzen auf den Quadratzoll über den atmosphärischen Druck, so muß die Speiseröhre wenigstens sich reichlich um 3 Ellen über die Oberfläche des Wassers im Kessel erheben, denn der Druck einer Wassersäule von 1 Elle Höhe auf den Quadratzoll Oberfläche ist beinahe = $\frac{1}{16}$ Pfd., oder 1 Unze.

Wo es sich nöthig macht, befestigt man die Speiseröhre mit eisernen Stäben an einer Wand oder am Dache, damit sie die nöthige senkrechte Stellung behalte.

d) Der Wasserstandszeiger. Um sowohl

bei'm Füllen des Kessels, als auch während der Dampferzeugung selbst ein Mittel zu haben, durch welches sich genau erkennen läßt, ob das Wasser im Kessel die gehörige Höhe habe, bedient man sich eines steinernen Schwimmers a' Fig. 8, 9, 10 und 19 an einem starken Eisendraht i'F' (Fig. 10), welcher dampfdicht durch die Stopfbüchse i' und die Haube des Kessels läuft, am oberen Ende an einem Kettchen hängt, welches über ein Leitrad f'zg' geschlagen ist und am andern Ende ein Gegengewicht h' trägt, um die Last des Schwimmers zu balanciren. Das Rad dreht sich um einen Nagel d' im festen Bügel c, welcher mit der kleinen Säule b', die auf den Kessel geschraubt ist, ein Ganzes ausmacht. An der einen Seite des Bügels c' ist ein Zeiger e' angebracht, und am Kranze des Rades sind dem Zeiger gegenüber einige Abtheilungen angebracht und an den beiden Enden derselben die Buchstaben H (welches hoch bedeuten soll) und L (welches niedrig bedeuten soll) eingeschnitten. Da der Stift z des Rades in das Kettchen eingreift, und letzteres auf diese Weise mit dem Rade verbunden ist, so muß sich das Rad, wenn der Schwimmer steigt oder fällt, auch rechts oder links umdrehen, und die dem Zeiger e' gegenüber befindliche Abtheilung wird den Stand des Wassers im Kessel anzeigen. Steht z. B. H dem Zeiger gegenüber, so ist zuviel Wasser im Kessel, zuwenig Wasser aber, wenn der Zeiger dem Buchstaben L gegenüber steht; hat aber das Rad einen solchen Stand, daß sich der Zeiger der Mitte zwischen H und L gegenüber befindet, dann ist der Wasserstand ganz so, wie er sein muß.

Manchmal wird das Rad f'zg' durch einen Hebel mit Kreisstücken an den Enden der Arme ersetzt, und die Mitte des Hebels enthält alsdann

einen graduirten Zirkelbogen, welche Einrichtung der eben beschriebenen ganz gleich ist.

Manchmal findet man auf sehr langen Kesseln und auf solchen, in welchen hochdrückender Dampf erzeugt wird, zwei Wasserstandszeiger, aus Gründen, die weiter unten angegeben werden sollen.

Endlich hat man an vielen Kesseln die sogenannten Probirhähne, d. h. einen Dampfhahn und einen Wasserhahn, um damit den Wasserstandszeiger zu ersetzen. Diese beiden Hähne stehen nämlich auf dem Kessel neben einander, oder an einer der Seiten des Kessels unter einander. Im ersten Falle setzt sich einer derselben in den Kessel bis unter die Oberfläche des Wassers fort, während der andere nur bis 1 oder 1½ Zoll Abstand von dieser Oberfläche reicht. Wird also der erste Hahn geöffnet, so muß Wasser ausgetrieben werden, und wird der zweite geöffnet, so muß Dampf zum Vorschein kommen. Giebt der erste Hahn kein Wasser, sondern Dampf, so ist zu wenig Wasser im Kessel; geben dagegen die beiden Hähne Wasser, so ist der Kessel zu voll.

c) Sicherheitsventile. Um, wenn unversehens der Dampf eine zu hohe Spannung erhält, der Gefahr des Zerplatzens des Kessels auf eine wahrscheinliche Weise zuvorzukommen, oder um den Kessel alsdann vor Schaden zu sichern, und auch, um zu bewirken, daß die Dampfspannung im Kessel während des Ganges der Maschine soviel wie möglich gleichmäßig sei, ist auf dem Kessel ein Ventil angebracht, welches das Sicherheitsventil oder das Sicherungsventil heißt; es wird bei einer zu hohen Spannung des Dampfes durch den Dampf selbst geöffnet, so daß derselbe durch diese Oeffnung zum Theil entweichen kann. Man öffnet es auch, um

den Dampf austreten zu lassen, wenn die Maschine abgestellt und kein Dampf mehr erzeugt werden soll. Die Einrichtung dieses Ventiles ist folgende.

In einer verschlossenen Röhre u' Fig. 9 und 10, oder E' Fig. 20, die an irgend einer Stelle auf den Kessel geschraubt ist und mit demselben communicirt, ist ein metallener Ring ss, gut eingeschliffen und befestigt. Ein ebengeschliffenes Ventil, oder eine Metallplatte rr bedeckt oder verschließt die Oeffnung dieses Ringes und ist verbunden mit einer Spindel op, welche oben mit einigem Spielraume durch den Deckel nn der Röhre E' läuft, nach Unten aber durch eine Oeffnung im Mittelpuncte eines metallenen Mittelstäbchens qq, welches mit dem Ringe ss ein Ganzes bildet, sich fortsetzt. Das Ventil ist ferner mit einem Gewicht G' von Eisen oder Blei belastet, welches ebenfalls für den Durchgang der Spindel op mit einer cylindrischen Oeffnung versehen ist. An denjenigen Theil der Spindel op, welcher aus dem Deckel der Röhre vorragt, ist ein Griff H' geschraubt oder befestigt, an welchem der Einheizer oder der Maschinenaufseher unmittelbar, oder mittelst einer über Leitrollen nach dem Orte hingeführten Schnur, wo er sich aufzuhalten pflegt, nur zu ziehen braucht, um das Ventil zu öffnen.

Das Ventil rr ist in der Röhre E' in solcher Höhe angebracht, daß es vom Wasser während des Kochens nicht berührt wird. Die Weite der Röhre E' ist über dem Ventil rr größer, als unter demselben (ja an Durchschnittsoberfläche wohl noch einmal so groß), damit der Dampf rings um das Ventil herum so frei als möglich entweichen könne. Endlich ist an die Röhre E' gleich über dem Ringe ss ein Seitenrohr F' (in den Fig. 8 bis 10 mit v' bezeichnet) angesetzt und in schräger Richtung bis in den Schornstein verlängert.

Wenn nun die Dampfspannung im Kessel zu sehr zunimmt und den gewöhnlichen atmosphärischen Druck so sehr übersteigt, daß der Druck gegen die Oberfläche des Ventiles größer ist, als der Gegendruck des letzteren, der Spindel und des Gewichtes G', so muß das Ventil natürlich gehoben werden, so daß der Dampf durch die Röhre v' F' so lange in den Schornstein entweichen kann, bis dadurch seine Spannung um so viel abgenommen hat, daß sein Druck gegen die Oberfläche des Ventiles geringer ist, als derjenige des Ventiles, der Spindel und der Belastung, worauf dann das Ventil sich wieder schließen wird. Es ist natürlich, daß das mehrgedachte Gewicht nach der höchsten Spannung, die man im Kessel gestatten will, bestimmt sein muß. Beträgt z. B. der Durchmesser des Ventiles 11 Zoll und also die Oberfläche desselben 95 Quadratzoll, und hat man bestimmt, daß die Dampfspannung nicht 3 Unzen auf den Quadratzoll über den atmosphärischen Druck steigen soll, so muß das Gewicht des belasteten Ventiles wenigstens gleich sein $95 \times 3 = 285$ Unzen oder $28\frac{1}{2}$ Pfund. Wenn in dem eben angeführten Beispiele der Dampfdruck gewöhnlich 3 Unzen auf den Quadratzoll betrug, so darf die totale Belastung des Ventiles wohl $\frac{1}{18}$ oder $\frac{1}{20}$ mehr betragen; denn wenn die Belastung des Sicherheitsventiles auf den Quadratzoll nicht etwas mehr beträgt, als der gewöhnliche Dampfdruck auf den Quadratzoll, so wird sich das Ventil jedesmal bei einer kleinen Zunahme der Spannung öffnen, und dieses ist sehr unbequem.

Manchmal muß diese Art zu rechnen, eine Modification erfahren, welche von der Beschaffenheit der Oberflächen des Ventiles und des Ringes, auf welchem es ruht, abhängt; doch hierüber werden wir in der folgenden Abtheilung sprechen, wo über die be-

stehenden Einrichtungen der Sicherheitsventile, ihre Gebrechen u. s. w. ausführlich gehandelt werden wird.

Nach den bestehenden Gesetzen muß jeder Dampfkessel mit zwei Sicherheitsventilen von gleichen Dimensionen versehen sein, und das eine derselben darf nicht über $\frac{1}{20}$ mehr belastet sein, als das andere. Das am Geringsten belastete ist zum Gebrauche des Maschinenaufsehers, aber das stärker belastete nur für den Eigenthümer zugänglich. Dieses Ventil muß also, bei einer stets zunehmenden Dampfspannung, bald darauf geöffnet werden, nachdem der Dampf schon das erste Ventil gehoben hat. Gewöhnlich liegen diese beiden Ventile sehr nahe beieinander und sind durch eine Röhre, welche mit einem schrägen Arm in den Schornstein läuft, miteinander vereinigt; besser ist es jedoch, daß sie nicht zu nahe aneinander angebracht seien, und daß das stärker belastete und verschlossene Ventil (siehe Fig. 9 und 10 w') sich mehr in der Nähe des Dampfrohres befinde; eine schräg aufsteigende Röhre kann deshalb doch von demselben in den Schornstein geleitet werden, wiewohl es noch besser ist, daß aus diesem Ventile der Dampf in die freie Luft entweiche, um zugleich den Einheizer von der vorhandenen hohen Dampfspannung zu benachrichtigen; und alsdann kann dieses Ventil folgende Einrichtung haben:

Der Ring ss, Fig. 21 Nr. 1 und 2, habe zwei gekreuzte Arme und sei in seinem Mittelpuncte mit einer verticalen Spindel uv verbunden, welche mit einigem Spielraum in die kupferne Büchse op paßt. Letztere ist mit der Mitte des ebenen Ventiles rr verbunden und hält die aufgesetzten bleiernen Scheiben G', mit welchem das Ventil belastet wird. Auf den obern Rand K' K' der Röhre E' werde eine kupferne Büchse gestellt, auf welcher die kugelförmige Haube I' sitzt. Durch die umgeworfenen Ränder K'

der Röhre E' und durch diejenigen der Büchse und ihrer Haube können vier oder mehrere Bolzen L' K' eingelassen werden, welche bei t mit Schraubenmuttern oder mit Vorsteckstiften zu befestigen sind und alsdann auch unmittelbar mit zwei Schlössern verwahrt werden. Auf diese Weise ist das Sicherheitsventil ganz und gar in eine Büchse eingeschlossen, in welcher es jedoch sein freies Spiel behält, und wenn alsdann die Büchse ringsum mit einer Menge kleiner Löcher durchbohrt ist, so wird der Dampf, welcher bei'm Oeffnen des Ventiles aus dem Kessel strömt, durch diese Löcher entweichen müssen, wodurch ein starkes, schnaubendes Getöse verursacht werden muß.

Um das für den Maschinenaufseher zugängliche Ventil auch so einzurichten, daß dasselbe in seiner freien Wirkung nicht behindert wird, wenn die Spindel desselben gedrückt oder belastet wird, darf man nur die Stange, an welcher der Maschinenaufseher ziehen muß, durch ein Kettchen oder Häkchen in der Büchse oder Röhre des Ventiles mit der Ventilspindel verbinden, auf welche die bleiernen Scheiben gesetzt sind (man vergl. den Durchschnitt u' v' Fig. 10), statt daß die Stange unmittelbar mit dem Ventil in Verbindung steht, wie Fig. 20 dargestellt ist.

Auch das Manometer kann als ein Sicherungsmittel betrachtet werden; denn bei einer mehr als gewöhnlichen Spannung des Dampfes wird das Quecksilber mit Gewalt aus der Röhre desselben getrieben, worauf der Dampf durch die Quecksilberröhre mit schnaubendem Getöse entweichen wird; aber obschon dieses Instrument als ein Mittel, die erhöhte Dampfspannung zu erfahren, betrachtet werden kann (wenn dasselbe nicht muthwillig verschlossen wird), so ist es dennoch bei den Dimensionen, die es gewöhnlich hat, nicht dazu geeignet, den überflüssigen Dampf aus dem Kessel schleunig entweichen zu lassen.

f) Die Oeffnung, durch welche man in den Kessel gelangt, um denselben zu untersuchen oder zu reinigen, ist meistentheils über demjenigen Theile des Bodens angebracht, unter welchem sich der Feuerheerd befindet; an dieser Stelle nämlich setzt sich der größte Theil der erdigen und salzigen oder manchmal metallischen Substanzen an, welche bei'm Verdampfen und Kochen des Wassers aus dieser Flüssigkeit zu Boden sinken. Sie bilden besonders auf dem Boden eine Lage oder manchmal eine Rinde (Pfannenstein), durch welche die Feuerwärme nicht gut dringt, welche selbst verursachen kann, daß die Bodentafeln des Kessels glühend werden, und welche in allen Fällen einen großen Einfluß auf die Consumtion des Metalles ausübt. So häufig deshalb die Umstände es erfordern, muß dieser Pfannenstein, bevor er sich mit dem Eisenrost oder mit dem Kupferoxyd verbindet, von den Boden und von den Wandungen des Kessels abgeräumt und der Kessel dadurch von diesem Niederschlage befreit werden. Diese Reinigung muß oft, wohl alle acht Tage, Statt finden. Zuvor leert man für diesen Zweck den Kessel aus, indem man das Wasser durch den Hahn z' Fig. 8 und 9 ablaufen läßt, welcher durch die Vorder- oder Hintermauer des Ofens sich fortsetzt und an einer der Ecken des Bodens mit dem Kessel in Verbindung steht. Es ist sogar gebräuchlich, besonders wenn im Kessel hochdrückender Dampf erzeugt wird, vor dem Abzapfen des Wassers Dampf zu erzeugen, demselben durch Verschließung des Dampfrohres T jeden Ausgang zu versperren, worauf, nachdem das Feuer ausgelöscht und der Wasserhahn z' geöffnet worden ist, das Wasser mit großer Kraft ausströmen und durch diese heftige Bewegung die am Boden und an den Wandungen klebenden Stoffe ganz oder zum Theil ab-

lösen, ja selbst einen Theil derselben durch den Wasserhahn z' austreiben wird.

Das **Mann-** oder **Fahrloch**, oder die Oeffnung, durch welche man in den Kessel gelangt, wird mit einem gehörigen Deckel xx' Fig. 8, 9, 10 und 22 dampfdicht verschlossen. Wenn der Kessel von sehr großem Caliber ist, oder eine Form besitzt, welche beträchtlich von der cylindrischen abweicht, so ist es rathsam, denselben mit einem sogenannten Luftventile zu versehen, und dieses kann alsdann sehr zweckmäßig auf diesem Deckel angebracht werden. Der Dienst dieses Ventiles besteht darin: wenn nämlich der Dampf, nachdem das Feuer gelöscht ist, nach und nach erkaltet und endlich ganz condensirt wird, so gestattet es der äußern Luft in den Kessel zu dringen, um auf seine Wandungen von Innen eben so stark zu drücken, als von Außen, damit nicht der Kessel, wenn bloß der Druck von Außen Statt fände, zusammengedrückt und dadurch beschädigt würde. Auch kann dieses Luftventil benutzt werden, um Luft in den Kessel zu lassen, wenn das Wasser abgezapft werden soll; es leistet dann denselben Dienst, wie die Oeffnung, welche man in ein Faß bohrt, wenn es angesteckt und abgezapft werden soll. Das Sicherheitsventil und besonders die Speiseröhre können jedoch für diesen Zweck eben so gut benutzt werden, nur muß das erstere zuvor geöffnet werden, was bei der Speiseröhre, welche gleich dem Luftventile von selbst aufgeht, nicht zu geschehen braucht.

Die Einrichtung dieses Luftventiles ist einfach. Im Deckel xx' ist eine kleine, runde Oeffnung angebracht, auf welche eine kurze Röhre O'O' geschraubt wird; auf dem Rande dieser Röhre liegt ein kupferner Ring xx Fig. 22 Nr. 1 und 2, mit welchem das Querstäbchen ww, gerade über der Mitte der Röhre O'O' gelegen, verbunden ist. Durch das

Auge im Mittelpuncte dieses Stäbchens läuft die schwache Spindel eines Ventiles y'; sie hängt mittelst eines Kettchens an dem kleinen Hebel P' M' Q', welcher sich bei M' um einen Nagel dreht und am andern Ende Q' dergestalt belastet ist, daß dadurch die Schwere des kupfernen Ventiles y' etwas mehr als balancirt ist. Das Ventil y' stößt gegen den Rand des kupfernen Ringes w w und wird auf diese Weise verhindert, sich weiter als bis an diesen Ring zu bewegen. Während der Dampferzeugung wird es auf diese Weise auch gegen den erwähnten Ring gedrückt und bildet einen dampfdichten Verschluß; wenn aber in Folge der Abkühlung des Dampfes die Spannung desselben abnimmt und geringer als diejenige der Luft wird, so muß das Ventil y' durch die Luft niedergedrückt werden, und diese Flüssigkeit findet dadurch Gelegenheit, in den Kessel einzudringen. Der Durchmesser der kurzen Röhre O' O' muß natürlich größer sein, als derjenige des Ventiles y', damit die Luft nicht gehindert werde, einzudringen. Durch ein Versehen ist diese größere Weite der Röhre O' O' in der Figur nicht deutlich angegeben.

In den meisten Fällen sind die Dampfmaschinen (jedoch mit Ausnahme derjenigen, welche zur Bewegung von Booten, Schiffen und Fuhrwerk dienen, oder häufig den Ort verändern) mit zwei Kesseln versehen, von denen jeder besonders geheizt werden kann, die jedoch nebeneinander in demselben Ofen eingemauert sind. Diese Einrichtung soll für den Zweck sein, daß die Maschine nicht still zu stehen braucht, im Fall sich bei einem dieser Kessel eine Ausbesserung oder dergleichen Etwas nothwendig macht. Maschinen von sehr großen Dimensionen haben sogar zwei und mehr Kessel nöthig, die zugleich geheizt werden müssen, um die nöthige Quantität Dampf liefern zu können, und haben dann noch außerdem

Reservekessel. Die Dampfröhren dieser Kessel stehen dann mit der Röhre in Verbindung, durch welche der Dampf in den Cylinder der Maschine fließen soll, und es ist dann auch meistentheils noch ein dritter Kessel oder Hülfskessel vorhanden, um einen der zwei genannten Kessel zu ersetzen, wenn er aus dem einen oder dem andern Grunde einige Zeit lang nicht gebraucht werden kann.

Ehe unter einem Dampfkessel das Feuer angezündet wird, muß der Heizer sich überzeugen, ob bis zur gehörigen Höhe sich Wasser im Kessel befinde, ob das Manometer in Ordnung sei, und ob das Sicherheitsventil, welches für ihn oder den Maschinenaufseher zugänglich ist, in gehöriger Ordnung sei, d. h. ob es leicht aufgezogen werden könne, ohne daß ein Hängenbleiben an dem ringförmigen Ventilsitze Statt findet; außerdem ist es eine gute Maßregel, das Ventil dann und wann aus seinem Sitze zu nehmen, um zu untersuchen, ob es gehörig eben sei und um es von Fettigkeiten und von sogenanntem Anschlage zu reinigen, der sich bei dem Verdampfen des Wassers sowohl an die Fläche des Ventiles, als an den Ring angesetzt hat. Ebenso darf man nicht versäumen, dann und wann zu untersuchen, ob der Speiseapparat unbehindert thätig sei.

Wenn der Kessel zu wenig Wasser enthält, so muß man denselben bis zur nöthigen Höhe füllen. Man bedient sich dazu einer Handdruckpumpe, welche durch eine Röhre mit dem Wasserbehälter der Speiseröhre in Verbindung steht, oder, was besser ist, welche durch eine Röhre unmittelbar mit der Wand oder dem oberen Theile des Kessels in Verbindung gesetzt wird. In den meisten Fällen sind indessen solche Pumpen an den Kesseln für niedrigdrückenden Dampf nicht angebracht, sondern es wird, um dieselben zu füllen, der Deckel des Fahrloches geöffnet

und das Wasser durch eine Rinne mit einer Handsaugepumpe in den Kessel eingetragen.

Nachdem der Heizer sich von allen diesen Dingen versichert hat, zündet er das Feuer an. Er hat für diesen Zweck auf dem Roste des Heerdes eine dünne Lage Steinkohlen ausgebreitet und dieselbe mit Brennholz, Spähnen und kleineren Kohlenstücken leicht bedeckt. Während das Wasser zu kochen anfängt, kann das Ventil im verticalen Theile des Dampfrohres ganz oder zum Theil geschlossen und das Sicherheitsventil dann und wann gehoben werden, um den Dampf auszublasen, d. h. um die Luft, die sich im Kessel befindet, durch den Dampf auszutreiben. Wenn der Kessel über der Oberfläche des Wassers endlich nichts als Dampf enthält, und der Dampf bis zu der Quantität und Spannung gebracht ist, daß der Zeiger oder die kleine Spindel des Dampfmessers auf der vorher festgesetzten Abtheilung steht, so kann das Stöpfelventil geöffnet werden, damit der Dampf in die Maschine einströme und dieselbe in Bewegung setzen könne.

Es ist natürlich von großer Wichtigkeit, daß im Kessel beständig so viel Dampf von derselben Spannung erzeugt werde, als aus demselben unaufhörlich in die Maschine übertritt, denn sonst kann die Bewegung der letzteren keineswegs regelmäßig sein, und wenn man auch auf dieses Haupterforderniß keine Rücksicht zu nehmen brauchte, so ist es doch zur Erhaltung des Kessels nöthig, daß die Dampfspannung in demselben so regelmäßig als möglich unterhalten werde. Dazu ist nun eine regelmäßige Unterhaltung des Feuers erforderlich, so daß, wenn man der Beschaffenheit der Steinkohlen entsprechend und nach Versuchen bestimmt hat, in welchem Maße der Heerd versorgt werden muß, um mittelst eines mäßigen, jedoch lebhaften Feuers dem Kessel die erforderliche

Flamme zuzuführen, diese Versorgung mit Brennmaterial auf regelmäßig unterhalten werden muß.

Soll das Feuer, bei sparsamer Versorgung mit Brennmaterial, lebhaft brennen, so müssen die Steinkohlen zu kleinen Stücken von 5 oder 6 Zoll übers Kreuz zerschlagen sein; sie müssen auf dem Roste gehörig ausgebreitet liegen und besonders dann, wenn sie während des Brennens gern zusammenbacken; in diesem Falle muß die Lage des Brennmaterials auf dem Heerde besonders dünn und nirgends aufgehäuft sein. Wenn die Steinkohlen trocken sind, so muß der Einheizer diejenigen, welche auf der Mitte des Heerdes liegen und durchglüht sind, beständig nach hinten schieben, die verbrannten Stücke durch den Rost stoßen, oder vorwärts ziehen und herausholen und die frischen Kohlen größtentheils vorn auf den Rost werfen. Der brennbare Dampf und Rauch, welchen letztere, sowie die noch nicht durchglühten Kohlen ausgeben, muß dann durch und über die glühenden Kohlen seinen Weg nehmen, und es wird auf diese Weise noch ein großer Theil davon verbrannt.

Das Aufschütten von frischen Steinkohlen geschieht alle 4 oder 5 Minuten, oder wenn es angeht, auch nach längeren Zeiträumen; denn so oft die Thüren des Heerdes geöffnet werden, zieht ein Strom kalte oder kühle Luft in den Heerd, kühlt das Feuer ab, oder befördert das Rosten des heißen Kesselbodens und auf diese Weise die Consumtion des Metalles. Man darf indessen, um die Heerdthüren nicht oft öffnen zu müssen, auch nicht zu große Quantitäten Brennstoff auf einmal eintragen; denn dadurch wird zugleich eine Dämpfung der Flamme und eine Abkühlung verursacht, worauf die Gluth des Feuers übermäßig und gefährlich werden kann. Uebrigens erfolge das Schüren des Feuers in der kürzestmöglichen Zeit. Während des Heizens muß der Einheizer zu-

gleich den Dampfmesser gehörig beobachten, denn nach dem Stande des Zeigers dieses Instrumentes hat er seine Arbeit zu reguliren. Er darf auch nicht versäumen, den Wasserstandszeiger dann und wann zu beobachten, um zu erfahren, ob das Wasser im Kessel die gehörige Höhe habe.

Wenn nicht mehr geheitzt werden soll, ist es, um nicht genöthigt zu sein, das Feuer durch einen Strahl kalten Wassers mit einemmal auszugießen, für die Erhaltung des Kessels immer am Besten, einige Minuten vor dem Abstellen der Maschine das Feuer nach und nach immer schwächer zu unterhalten, sodann erst das Schornsteinregister beinahe zu schließen, alsdann das Sicherheitsventil ganz zu öffnen, damit der Dampf aus dem Kessel entweiche, hierauf die am Meisten durchglühten Steinkohlenstücke vom Heerde zu ziehen, oder nur ein Paar Roststangen zu heben und endlich das Schornsteinregister ganz zu schließen, zugleich auch die Thüren des Aschenraumes und des Heerdes, um allen Zutritt der Luft zum Heerde zu verhindern, das Feuer ganz auszulöschen und den Kessel langsam verkühlen zu lassen. Wenn der Einheizer auf diese Weise seinen Dienst mit Einsicht versieht, so kann er zur längern Dauer eines Kessels sehr viel beitragen, während er dann auch umgekehrt durch Unachtsamkeit und Unverstand daran Schuld sein kann, daß die stärksten Kessel in kurzer Zeit ganz schwach und unbrauchbar werden.

III. Beschreibung der Einrichtung einer gewöhnlichen Niederdruckdampfmaschine.

Die Figuren 23 und folgende Taf. III, IV und V geben die Zusammensetzung einer gewöhnlichen Dampfmaschine von niederem Druck in ihrem ganzen Umfange, nebst der hauptsächlichen Einrichtung der vornehmsten Theile.

Fig. 23. Aufriß der Maschine ihrer ganzen Länge nach.

Fig. 24. Aufriß der Maschine von Hinten gesehen, folglich eine Ansicht der Breite nach, wiewohl die Breite im Verhältniß zur Länge größer dargestellt ist, als sie wirklich zu sein braucht. Von diesem Verhältnisse ist aus dem Grunde abgegangen worden, um die Stellung einiger Theile besser sichtbar zu machen. Im Allgemeinen ist diese Bemerkung auf die meisten Figuren anwendbar; sie sollen bloß die Form und die Stellung der Theile angeben, keineswegs aber die relativen Dimensionen derselben, über welche in der Folge ohnedies speciell gehandelt werden wird.

Fig. 25 Taf. IV. Durchschnitt des Dampfcylinders und der Theile, welche vor, hinter und unter demselben befindlich sind, nach der Länge der Maschine in der Mitte der Breite genommen. In diesem Durchschnitte sind die verschiedenen Theile nach einem größeren Maßstabe dargestellt, als in dem Aufrisse Fig. 23.

Die übrigen Figuren sind besondere Darstellungen der vornehmsten Theile.

Das Dampfrohr TU Fig. 8 bis 10 läuft, je nach den Umständen der Oertlichkeit, in einer solchen geradlinigen oder gebogenen Richtung nach der Maschine, daß er die kleinstmögliche Länge besitzt. In den Figuren 23 bis 25 ist diese mit U bezeichnete Röhre zum Theil dargestellt; sie verbindet sich an der Maschine mit einem kurzen Endstück A, welches sich in die Dampfkammer BB einmündet, die von Unten und von Oben durch zwei viereckige oder rechtwinkelige Röhren CC mit dem Dampfcylinder DDD in Verbindung steht, in welchem der Kolben Z' Z' (welcher, obschon aus verschiedenen Stücken zusammengesetzt, jedoch als massiv betrachtet werden muß) genau schließt. Die Dampfkammer BB, welche,

je nach den Umständen, vor oder hinter dem Cylinder angebracht wird, ist eigentlich ein verschlossener Raum, welcher dazu dient, den Dampf, welcher abwechselnd auf die beiden Flächen des Kolbens drücken muß, aufzunehmen und in den Cylinder durch die Röhren oder sogenannten Dampföffnungen CC übertreten zu lassen; sie ist dann auch so eingerichtet, daß der Dampf, welcher auf der einen Seite des Kolbens gewirkt hat, durch einen in der Dampfkammer angebrachten Canal in den Condensator entweichen kann, um den Dampf, welcher auf der andern Seite des Kolbens wirken soll, nicht zu hindern. Hierzu dient ein doppeltes Schiebeventil U′ U″ Fig. 25, durch welche die Verbindung zwischen dem oberen oder unteren Theile des Dampfcylinders mit der Dampfbüchse abwechselnd geöffnet und geschlossen werden kann. Dieses doppelte Schiebeventil besteht nämlich aus zwei Schiebeventilen U′ und U″, welche durch eine Stange oder Spindel d′ d′ gekoppelt sind; das oberste Schiebeventil ist auch mit der Stange e′ f verbunden, die durch den Deckel der Dampfkammer läuft und durch Vermittelung von Stangen und Kniestücken eine nicht sehr ausgebreitete auf- und niedergehende Bewegung von einem Theile der Maschine empfängt, die gleich nachher erklärt werden soll. Die Platte g′ g′, auf welcher das Schiebeventil U′U″ sich anschließend bewegen, ist vollkommen eben, und die Ränder der Schiebeventile sind bestimmt, in den Fugen zu bleiben, welche an den Seiten dieser Platte in der Richtung von Oben nach Unten angeschraubt sind, und wodurch die Schiebeventile so gegen die Platte gedrückt oder geklemmt werden müssen, daß zwischen den in Verbindung stehenden Ebenen absolut kein Dampf durchdringen kann.

Wenn man einmal annimmt, daß die Bewegung der Dampfschiebeventile regelmäßig von Statten gehe,

ohne uns hier darauf einzulassen, wie ihnen die Bewegung mitgetheilt wird, so muß aus dieser Bewegung folgen, daß, wenn die Schieber aufgezogen sind, die oberste Dampföffnung C durch die oberste ebene Seite h' des Schiebeventiles U' ganz bedeckt werden kann, während diese Oeffnung mit der Dampfbüchse B communicirt, wenn die Dampfladen niedergehen. Dasselbe muß auch Statt finden bei der untern Dampföffnung C, die nicht mit der Dampfbüchse communicirt, wenn sie von dem Schiebeventile U'' bedeckt ist; die Communication wird hergestellt durch das Emporziehen der Schiebeventile, sobald das ebene untere Ende i' des Schiebeventiles U'' nicht mehr in Berührung steht mit dem untersten Theile der Platte g' g'. Wenn ferner der Abstand des Schiebeventiles so regulirt ist, daß z. B. die untere Oeffnung C von dem Schiebeventile U'' bedeckt ist, wenn das obere Schiebeventil U' unter den Anfang der oberen Oeffnung C niederzusteigen beginnt, so wird das Einströmen des Dampfes über und unter den Kolben regelmäßig und abwechselnd Statt finden können.

Der Stand der Schiebeventile ist in der Figur so angegeben, daß die obere Dampföffnung C halb geöffnet ist, während die untere von dem oberen Schiebeventile U'' bedeckt wird. Die obere Dampföffnung communicirt auf diese Weise mit der Dampfkammer B, und da diese durch die Röhre U mit dem Dampfkessel in Verbindung steht, so kann man annehmen, daß die obere Dampföffnung C in unmittelbarer Verbindung mit dem Kessel stehe, wenn sie nicht von dem Schiebeventile U' bedeckt wird, während dann die Communication zwischen dem Kessel und der untersten Dampföffnung C durch das Schiebeventil U'' abgeschnitten ist. Der Dampf kann auf diese Weise durch die Oeffnung C über den Kolben Z' streichen, auf denselben drücken und ihn nie-

vertreiben, wenn nämlich unter demselben kein Widerstand von Dampf vorhanden ist.

Wenn der Kolben ganz niedergedrückt ist, so muß das obere Schiebeventil U′ sich auch zugleich in einem solchen Zustande befinden, daß die obere Dampföffnung C von demselben bedeckt und geschlossen ist; daß zu gleicher Zeit auch die Communication hergestellt ist zwischen dem Cylinder und dem Condensator, damit der benutzte Dampf in den letzteren entweichen und durch das kalte Wasser condensirt werden könne; und daß auch zugleich das untere Schiebeventil U″ gerade so weit emporgezogen sei, daß sie anfängt, die untere Dampföffnung C nicht mehr zu bedecken; denn alsdann ist die Communication zwischen dem Kessel und dem unteren Theile des Cylinders geöffnet, der Dampf kann aus dem Kessel durch die Röhre U und durch die Dampfkammer B unter den Kolben sich begeben und denselben wieder emportreiben, während der über dem Kolben benutzte Dampf nur einen geringen Widerstand darbietet, indem er in den Condensator entweicht, daselbst abgekühlt wird und an Spannung sehr verliert.

Es ist nicht möglich, solchen Lesern, die mit der Einrichtung einer Dampfmaschine ganz unbekannt sind, auf einmal begreiflich zu machen, wie der geregelte Zufluß und Abfluß des Dampfes in und aus dem Cylinder mittelst der Bewegung der Schieber Statt findet; von der ganzen Einrichtung der Dampfmaschine ist dieser Theil der complicirteste, und deshalb ist sowohl die Beschreibung als der Begriff desselben schwierig; jedoch wird das oben Gesagte deutlicher werden, nachdem man sich erst von demjenigen Theile der Einrichtung, durch welche die Communication zwischen dem Cylinder und dem Condensator hergestellt wird, einen Begriff hat machen können; weiter unten sollen alsdann die besonderen Umstände der

Einrichtung der Dampfkammer, der Schieber u. s. w. entwickelt werden.

Die Platte g' g', längs welcher die Schieber in der Dampfkammer bewegt werden, befindet sich in einigem Abstande von der stehenden Wand p' p' dieser Kammer, so daß zwischen beiden ein hohler Raum a' a' vorhanden ist, welcher sich von dem unteren Rande der oberen Dampföffnung bis zum oberen Rande der unteren Dampföffnung erstreckt; die Breite dieses hohlen, geschlossenen Raumes a' a', nämlich der Abstand der Platten g' g' und p' p', ist gleich der Höhe oder der kleinsten Weite der Dampföffnungen, und die horizontale Länge dieses Raumes ist auch gleich der Länge oder größten Weite der Dampföffnungen, mit anderen Worten: der genannte Raum ist ein hohles Parallelepipedon, dessen wagerechter Durchschnitt an Oberfläche eben so groß ist, als die Oberfläche der Dampföffnungen. In der Platte g' g', welche die Vorderwand dieses Raumes bildet, befinden sich zwei rechtwinkelige Oeffnungen b' und c', die erste ein Wenig unter der oberen Dampföffnung, die zweite ein Wenig über der untern Dampföffnung. Diese beiden Oeffnungen sind eben so lang und so breit, als die Dampföffnungen; sie werden immer von den Schiebern U' und U'' bedeckt, und also kann der Dampf aus der Dampfkammer niemals in den Raum a' a' treten (es müßten denn die Flächen der Schieberventile nicht genau auf der Platte g' g' anschließen, welches hier nicht vorausgesetzt wird); aber da die Schieber U' und U'' selbst kleine, hohle Deckel von solcher Größe bilden, daß sie die genannten Oeffnungen und die neben denselben liegenden Dampföffnungen zugleich bedecken können, so muß jede Dampföffnung C in Communication kommen können mit der angrenzenden Oeffnung b' oder c', und der Dampf, der sich im Cylinder be-

findet, wird dann aus der Dampföffnung (durch welche er erst in den Cylinder gelangte) durch die Oeffnung b' oder c' in den mehr erwähnten Raum übertreten können.

Die Größe und der Abstand der Schieberventile ist dann so regulirt, daß, wenn eine der Dampföffnungen, z. B. die obere C, geöffnet, die untere von ihrem Schieber U'' bedeckt wird, aber zugleich (wegen der Höhlung der Schieber) in Communication tritt mit der Oeffnung c' und mit dem Raume a'a', während dann die Oeffnung b' durch den entsprechenden Schieber U' so bedeckt ist, daß die Communication zwischen a'a' und der untern Dampföffnung ganz abgesperrt wird durch den ebenen obern Rand dieser Schieber (so daß nur eine Communication zwischen dem Raume a'a' und dem hohlen Theile des erwähnten Schiebers U' besteht). Da dieses auch umgekehrt für die untere Dampföffnung Anwendung leidet, wenn die Schieberventile aufgezogen sind, so leuchtet es von selbst ein, daß, **wenn der Dampf in den Cylinder über, oder unter den Kolben tritt, derjenige Dampf, welcher unter, oder über dem Kolben benutzt worden ist, in den Raum a'a' abfließen kann** (wie dieses in der Figur durch Pfeilchen für die Augenblicke der Wirkung angegeben ist, wo der Dampf oben in den Cylinder tritt und unter dem Kolben zugleich entweicht), **aus welchem er dann wiederum nach dem Condensator abgeleitet wird und zwar durch eine Röhre, welche die Communication zwischen dem Condensator und dem genannten Raume auf irgend eine Weise, doch so viel möglich auf einem kurzen Wege, herstellt.**

Der Cylinder und die Dampfkammer sind auf die Deckplatte, oder auch wohl auf den Rand der

Wandungen einer langen Cisterne W Fig. 23, 24 und 25 gestellt, in welcher der Condensator und die Pumpenwerke sich befinden, und die auch bis zu einer gewissen Höhe beständig mit kaltem Wasser gefüllt ist, wie in der Durchschnittszeichnung Fig. 25 angegeben worden. Der Condensator ist ein rechtwinkeliger Behälter V', von allen Seiten geschlossen und bis an den Deckel rings in Wasser stehend. Er empfängt das Wasser durch eine Röhre W', welche außen durch einen Hahn g'' geschlossen werden kann und inwendig im Behälter mit einer schalenförmigen Brause bedeckt ist, so daß, wenn der Hahn g'' geöffnet ist, das Wasser mit vielen Strahlen im Condensator soviel wie möglich vertheilt wird, also gleichsam wie ein Regen eingespritzt wird. Die Verbindung des Condensators mit dem verschlossenen Raume a'a' der Dampfkammer ist in der Figur so dargestellt, als würde sie durch eine Röhre E vermittelt, welche aus einem kleinen Behälter T' (welcher zwischen dem Cylinder und der Dampfkammer an letztere geschraubt ist und mit dem Raume a'a' in unmittelbarer Communication steht) durch die Deckplatte der Wassercisterne W nach dem Condensator V' sich fortsetzt. In Fig. 23 ist der Behälter, welcher in Fig. 25 mit T' bezeichnet ist, durch oc angedeutet, während man in Fig. 24 die seitliche Stellung der Communicationsröhre E deutlich erkennen kann. Bei der oben beschriebenen Einrichtung der Dampfkammer ist die angegebene Verbindungsweise des Condensators mit dem leeren Raume a'a' der Dampfkammer weder die allgemein gebräuchliche, noch auch die beste; sie ist nur so abgebildet größerer Deutlichkeit halber; eine zweckmäßigere Einrichtung soll im folgenden § angegeben werden, und in der folgenden Abtheilung soll über diesen Punct speciell mit der nöthigen Ausführlichkeit gehandelt werden.

Nachdem man die Art und Weise begriffen hat, wie der Raum des Dampfcylinders über und unter dem Kolben sowohl mit dem Kessel, als mit dem Condensator in Communication gesetzt werden kann, wird man sich auch eine klare Vorstellung machen können von der Art und Weise, wie der Kolben Z' Z' durch den Dampf abwechselnd auf- und niedergetrieben werden muß. Denn nimmt man z. B. an, daß der Kolben seine Bewegung von Oben herab beginnt, und daß die Platte h' des obern Schiebers die Dampföffnung C von Oben öffnet, wenn der Kolben Z' in seinem höchsten Stand ist (wenn er eben so hoch, oder etwas tiefer, als der Rand q' des Bodens der Dampföffnung steht), so muß der Dampf nach und nach über dem Kolben in den Cylinder zu treten beginnen und denselben niederdrücken, wenn der Dampf, welcher unter dem Kolben im Cylinder sich befindet, keinen großen Widerstand mehr bieten kann, indem derselbe nämlich nach dem Condensator entweichen und daselbst verdichtet werden kann. Dieses tritt nun sogleich ein, wenn der Kolben niederzusteigen beginnt, denn die Entfernung der Schieber ist so regulirt, daß der untere Rand i' des untern Schiebers U'' von dem obern Rande r'r' der untern Dampföffnung C gerade sich entfernt, wenn die obere Dampföffnung C sich öffnet, und es muß dadurch also die Communication des untern Theiles des Cylinders mit dem Raume a'a' und so auch mit dem Condensator sogleich geöffnet werden. Dieser Abfluß des Dampfes nach dem Condensator muß sogar sehr schnell erfolgen, weil der unabgekühlte Dampf, welcher sich im Condensator und im Raume a' a' E befindet, sehr verdünnt ist und wegen seiner niedern Temperatur auch eine sehr geringe Spannung besitzt, also dem Ab-

flusse nur ein sehr geringes Hinderniß entgegensetzen kann.

Der Kolben muß auf diese Weise niedersteigen, und zu gleicher Zeit bewegen sich auch die Schieber niederwärts, wodurch die obere Oeffnung für den Zutritt des Dampfes in den Cylinder stets größer wird, was auch der Fall ist bei der untern Oeffnung, durch welche der benutzte und bereits verdünnte Dampf unter dem Kolben entweichen kann, oder durch die Bewegung des Kolbens ausgetrieben wird. Die Oeffuungen C sind ganz geöffnet, oder gewähren dem Ein- und Austritte des Dampfes die größte Oeffnung, wenn der Kolben Z' beinahe bis zur Hälfte seines Laufes niedergestiegen ist; wenn er von hieraus sich weiter fortbewegt, so ist das mechanische Mittel, durch welches die Bewegung des Kolbens dem Schieber mitgetheilt wird, dergestalt eingerichtet, daß die Schieber wieder emporsteigen, nachdem sie die Oeffnungen C völlig aufgeschlossen hatten, so daß, wenn durch dieses Steigen der Rand h' der obern Schieber die Oeffnung C geschlossen hat, der Kolben auch gleich nachher mit seiner untern Fläche bis an den Rand r' der untern Dampföffnung gelangt ist und seinen Zug dann vollbracht hat. Aber zur selben Zeit sind die Schieber auch so weit emporgezogen, daß die ebenen Ränder h' und i' die unteren Kanten der Dampföffnungen passirt sind, wodurch die obere Dampföffnung C mit dem hohlen Theile des Schiebers U' in Communication tritt, und so ferner mit dem Raume a'a' und mit dem Condensator, während die untere Oeffnung C in Communication tritt mit der Dampfkammer B. Da der Dampf dann Gelegenheit findet, aus dem Raume über dem Kolben nach dem Condensator zu entweichen, und zu gleicher Zeit auch der Zutritt des Dampfes unter dem Kolben stattfindet, so wird der Kolben genöthigt werden,

wieder nach Oben zu steigen; die Schieber steigen inzwischen noch, bis der Kolben ziemlich die Hälfte seines Hubes erreicht hat und die Oeffnungen **C** wieder am Größten gewesen sind. Alsdann werden die Schieber wiederum niedergedrückt, bis der Kolben den ganzen Hub vollendet hat und die obere Oeffnung **C** wieder mit dem Kessel, die untere aber mit dem Condensator in Communication steht, um den Kolben wieder, wie vorher, niederzutreiben u. s. w.

40) Die Kolbenstange **F** Fig. 23 und 24 ist durch ein Scharnier-Parallelogramm **GG** mit einem Balancier **HH** verbunden, wodurch die abwechselnd auf- und niedergehende Bewegung des Kolbens und die verticale Bewegung der Stange in eine abwechselnd drehende Bewegung des Maschinenbaumes umgewandelt wird. Die Kolbenstange läuft durch eine dampfdichte, mit Hanf geliederte Stopfbüchse **rr**, mit welcher der Cylinderdeckel in seinem Mittelpuncte versehen ist. Das Scharnier-Parallelogramm ist mit dem Balancier verbunden und so eingerichtet, wie im zweiten Theile, zweite Abtheilung, Art. 51 beschrieben ist. Durch den Mittelpunct des Balanciers läuft eine Achse **II**, deren Zapfen in zwei geschlossenen Lagern sich drehen, welche in den Stühlen **KK** befestigt sind; letztere sind auf eine Plattform oder einen rechtwinkeligen Rahmen geschraubt, welcher in der Mitte und an den Ecken von sechs Säulen **MMM** getragen wird. Die Fußgestelle **X, X, X** dieser Säulen schließen die Wandplatten **W** der Wassercisterne ein und stehen auf den Quadersteinen **Y, Y, Y**, unter welchen in einigem Abstande gleiche Quadersteine im Fundamente **Z** befestigt sind, um die Köpfe von sechs schweren Stäben zu stützen, welche durch diese Quadersteine und durch die Bodenplatten der Wassercisterne, oder durch die Grundplatten der Säu-

[illegible] laufen und unter letzteren mit Schraubenmuttern angezogen sind.

Die Stäbe, welche den Cylinder, die Luftpumpe u. s. w., die Stühle der Achse des Schwungrades u. s. w. mit dem Grunde oder Boden verbinden, laufen meistentheils auch durch Quaderstücke. Unter diesen Steinen befindet sich natürlich ein Bogen oder Gewölbe, um zu den Schraubenmuttern gelangen zu können, wenn dieselben angezogen, oder sonst etwas mit ihnen vorgenommen werden soll.

Das andere Ende des Maschinenbaumes trägt eine Stange **RR** (siehe auch Fig. 26), mit gabelförmigem Ende und unten mit der Warze einer Kurbel **S** verbunden, welche an der Achse **TT** sitzt, die mit zwei Hälsen versehen ist, welche sich in den Pfannen der festen Stühle **yz** drehen. Auf diese Weise wird die abwechselnd auf- und niedergehende Bewegung des Kolbens durch Vermittelung einer abwechselnd kreisförmigen Bewegung in eine drehende Bewegung der Achse **TT** umgewandelt, welche Bewegung alsdann entweder im Raume der Maschine, oder in einem angrenzenden Raume auf Arbeitsmaschinen, oder auf solche Theile übergetragen werden kann, mit welchem man irgend eine Arbeit zu verrichten beabsichtigt, und zwar mit Hülfe der Mittel, welche in der zweiten Abtheilung des zweiten Theiles an die Hand gegeben worden sind.

Da die Uebertragung der Bewegung vom Maschinenbaume auf den Krummzapfen oder die Kurbel mit desto weniger Verlust an Kraft stattfindet, je länger die Kurbelstange **R** ist, so muß sich die Kurbel meistens in der Cisterne **W** drehen; um nun zu vermeiden, daß sie durch das Wasser gehe, läuft sie durch einen verschlossenen, halbrunden Behälter **I″I″** Fig. 25.

Die Wassercisterne wird durch die Kaltwasserpumpe G'' Fig. 25 (eine gewöhnliche Saugpumpe, deren Kolbenröhre in der Wassercisterne W steht, und deren Saugrohr durch das Fundament in einen Brunnen, oder Bach, oder Cisterne läuft) beständig bei gleichem Wasserstande erhalten. Der Boden dieser Pumpe ist in n', und das Wasser, welches durch den Kolben H'' gehoben wird, schüttet sich über den Rand des Pumpenstiefels unmittelbar in die Wassercisterne aus. Die Kolbenstange Q ist an dem Balancier HH Fig. 20 befestigt, gewöhnlich an der halben Länge desjenigen Armes, an dessen Ende die Treibstange R der Kurbel sich bewegt, so daß die Bewegung des Kolbens gleichzeitig mit derjenigen des Maschinenbaumes vor sich geht. Steigt der Dampfkolben deßhalb empor, so geht der Kolben der Kaltwasserpumpe nieder, und wenn der Dampfkolben niedergetrieben wird, so wird der Kolben der Kaltwasserpumpe gehoben, und das frische, kalte Wasser fließt in die Cisterne.

Die Quantität des Wassers, welche über den Bedarf durch die Pumpe gehoben wird, läuft wieder in den Brunnen, oder durch eine Röhre, deren Mündung in der Höhe des permanenten Wasserstandes in die Cisterne eingesetzt ist, in den Wasservorrath zurück.

Wenn der Condensator nicht regelmäßig von der Quantität des eingespritzten Wassers, von der Luft, die sich aus diesem Wasser im Condensator entbindet, und von einer gewissen Quantität Dampf befreit wird, die wegen der erhöhten Temperatur des Wassers nicht hat condensirt werden können, so muß die Bewegung der Maschine schnell gehemmt werden.

Um den Condensator von Wasser, Luft und Dampf zu befreien, ist eine große Pumpe OO Fig. 25 vorhanden, welche vor dem Condensator V steht

und mit demselben durch eine viereckige Röhre communicirt, in welcher die viereckige, schräge Klappe k' liegt. Der Kolben Y' dieser Pumpe, welcher gewöhnlich Luftpumpe heißt, ist gerade so eingerichtet, wie der Kolben einer gewöhnlichen Saugpumpe; die Stange N des Kolbens läuft, wenn die Luftpumpe (wie im folgenden § näher erklärt werden soll) gegen die äußere Luft oben verschlossen ist, durch die luftdichte, mit Hanf geliederte Stopfbüchse t t, welche auf der Mitte des Pumpendeckels steht. Die Kolbenstange steht mit der hintern Stange des Parallelogrammes G G Fig. 23 in Verbindung, damit ihre Bewegung gleich derjenigen der Stange F des Dampfkolbens soviel wie möglich vertical bleibe; gewöhnlich ist die Entfernung der Bügel oder verticalen Stangen des Parallelogrammes gleich der Hälfte der Armlänge des Balanciers, so daß die Stange des Luftpumpenkolbens, ebenso wie diejenige des Kolbens der Kaltwasserpumpe, einen Abstand vom Drehungspuncte des Balanciers hat, welcher gleich ist der halben Länge seiner Arme.

Angenommen nun, der Dampfkolben werde aufwärts bewegt, so wird auch der Kolben der Luftpumpe emporgezogen; die Klappenventile o', o' Fig. 25 bleiben dann geschlossen. Durch den Druck der Luft und des Dampfes im Condensator (wie gering dieser Druck im Vergleiche zu demjenigen der atmosphärischen Luft auch sein möge), wie auch durch den Druck des Condensationswassers, wird das Klappenventil k' aufgedrückt, und das Wasser fließt aus demselben in den Pumpenstiefel X'. Da der Kolben Y', so zu sagen, einen leeren Raum hinter sich läßt, wenn er emporsteigt, so dringen Dampf und Luft durch das Wasser und durch das offenstehende Klappenventil k' aus dem Condensator, um den Raum X' über dem Wasser einzunehmen. Geht der Kolben

Y' alsdann nieder, so fällt das Klappenventil k' zu, während die Kolbenklappen o', o' sich öffnen, um die Luft, den unverdichteten Dampf und das in den Pumpenstiefel geflossene Wasser durchzulassen. Diese Luft entweicht mit dem Dampfe durch eine seitenständige Röhre A'' in die Atmosphäre, während das Wasser, welches vom Kolben gehoben worden ist, durch dieselbe Röhre A'' in einen Behälter B'' sich ergießt, aus welchem es durch eine andere Röhre C'' nach einem oder dem andern Puncte abläuft.

Ein Theil dieses gehobenen Wassers, dessen Temperatur diejenige des Blutes etwas überschreitet, wird mit Nutzen zum Speisen des Kessels angewendet, und es wird für diesen Zweck aus dem Behälter B'' in den Kessel getrieben. In der Figur ist dieses jedoch anders dargestellt, denn es kann auch aus der Luftpumpe X' durch eine horizontale, mit Werg umwickelte Röhre D'' in den Stiefel einer kleinen Saug- oder Druckpumpe E'' geleitet oder getrieben werden, deren Kolben F'' durch eine Stange P mit dem Maschinenbaume HH Fig. 23 in einer Entfernung von seinem Drehungspuncte verbunden ist, welcher ungefähr den vierten Theil der Armlänge des Balanciers beträgt. Ist diese kleine Warmwasserpumpe oder Speisepumpe z. B. eine Saug- und Druckpumpe, die im vordern Theile der Wassercisterne W steht, so muß das Klappenventil l' in der Röhre D'' gewaltsam geöffnet, und die Kolbenröhre E'' mit Wasser angefüllt werden, wenn der Dampfkolben und der Luftpumpenkolben niedergetrieben werden; werden die eben genannten Kolben emporgetrieben, so wird der Kolben der Druckpumpe F'' niedergedrückt, das Klappenventil l' schließt sich, die Klappe m' im vordern Theile des Steigrohres der Druckpumpe wird geöffnet, und das warme Wasser wird in das Steigrohr getrieben, welches an der Wassercisterne oder an

einer Wand nach dem Behälter **Z** (Fig. 8 Taf. **II**) der Speiseröhre **W** läuft (siehe einen Theil **u u** dieses Steigrohres in Fig. 8), und in denselben das warme Wasser ergießt, welches dann auf die Weise, welche im vorigen § beschrieben worden ist, in den Kessel abläuft. Manchmal wird das Wasser unmittelbar in den Kessel durch die Speisepumpe getrieben, und es steht dann keine Speiseröhre auf dem Kessel. Später werden wir auf diesen Punct wieder zurückkommen.

Außer, daß der Dampf, wenn er regelmäßig unter den Cylinder streicht und stets mit derselben Kraft auf den Kolben drückt, letzteren mit einer beschleunigten Bewegung fortzutreiben strebt, und daß folglich die Schwankungen des Maschinenbaumes **HH** Fig. 23 und die Umdrehungen der Welle **T** ungleichförmig werden müssen, so erfolgt auch die Fortpflanzung der Bewegung vom Kolben auf die Welle **T** auf eine unregelmäßige Weise, weil sich der Hebelarm der Kraft, welche auf die Kurbel **S** wirkt, häufig verändert. Um diese Unregelmäßigkeit der Bewegung soviel wie möglich zu beseitigen und zugleich die Kurbel mit einer, so weit es angeht, permanenten Kraft durch ihre sogenannten todten Puncte zu führen, hat man an der Welle **T** ein schweres Schwungrad **VV** aufgezogen, welches unter der Oberfläche des Bodens in einem ausgemauerten Raume, oder in einem eisernen Kasten läuft.

Die Bewegung der Dampfschiebventile wird meistentheils von derjenigen der Welle **T** abgeleitet. An diese Welle ist nämlich eine excentrische Scheibe mmm Fig. 23 und 27 (Taf. V [illegible] acht, von einer Einricht[illegible] [illegible]btheilung des zw[illegible] [illegible]st. Die beide[illegible] [illegible] der Aus[illegible]
[illegible] werden zu-

sammengehalten durch die Stangen **mp, mp**, welche durch die aneinander schließenden Lappen dieser Bänder laufen. Die Stangen laufen längs der Wassercisterne **W** und vereinigen sich in **p**, wo sie an den Stab **pq** geschraubt sind. Um das Zittern dieser Stangen zu verhindern, die, im Vergleich mit ihrer Länge, nur eine geringe Dicke haben, und um zugleich die Stärke des Ganzen zu befördern, werden sie durch einige Zwischenstangen, welche ihnen die Gestalt eines Spaliers geben, oder durch zwei gekoppelte, schlangenförmige Stangen auf verschiedenen Puncten unterstützt. Der Stab **pq** ist bei **l** in der Form eines halben Kragens ausgerundet und stützt sich daselbst auf den Hals eines kurzen Zapfens, im Ende des halben Kniestückes **lk** Fig. 24 und 27 befestigt, welches an das Ende einer Welle **hh** gesteckt ist, die hinter die Dampfkammer **B** läuft (oder auch wohl zwischen dieser und dem Cylinder sich fortsetzt) und sich in den Lagern **i, i** dreht. Das Ende der Schieberspindel, welches aus dem Deckel der Dampfkammer vortritt, ist mit einer Oeffnung versehen (siehe **f** Fig. 25), durch welche ein Galgen **ff** Fig. 24 läuft, von dessen Enden zwei lange Stangen **dd, dd** längs der Dampfkammer niedergehen; an ihren unteren Enden sind sie mit einer Gabel versehen, um zwei kupferne Lager aufzunehmen, in welchen sich die Zapfen von zwei halben Kniestücken **g, g** (Fig. 23, 24 und 25), die an der Achse **hh** zwischen ihren Stützpuncten **i, i** befestigt sind, drehen. Zwischen diesen Stützpuncten, oder auch außerhalb derselben, ist noch ein kurzer Arm **on** an die Achse **hh** gefügt, um ein schweres Gewicht **n** zu tragen, das unter andern dazu dient, die Schwere der Stangen **d, d** und des Galgens **ff** soviel wie möglich zu balanciren.

Es ist ganz klar, daß, wenn die Welle **T** umgedreht wird, auch die excentrische Scheibe **mm** mit umgedreht werden und der Stange **pq** eine beinahe horizontale abwechselnde Bewegung mittheilen müsse; dadurch wird nun die Kurbel **lk** abwechselnd gezogen und geschoben und auf diese Weise wie ein Pumpenschwengel bewegt; die Welle **hh** erhält also eine abwechselnd drehende Bewegung, welche zugleich den halben Kniestücken **g**, **g** gemein ist, wodurch die Stangen **d**, **d** mit dem Galgen **ff** und den daran hängenden Schiebern abwechselnd auf- und niedergezogen werden müssen. Und da die excentrische Scheibe bei jeder Umdrehung der Welle **T** (welche Umdrehung bei jedem doppelten Zuge des Dampfkolbens erfolgt) die Stangen **t**, **t** mit den Schiebern einmal auf- und niederbewegen muß, so geht daraus hervor, daß das Oeffnen und Verschließen der Dampföffnungen, als gänzlich von der Bewegung des Dampfkolbens abhängend, zu rechter Zeit und regelmäßig erfolgen muß, wenn die relative Stellung der excentrischen Scheibe auf der Welle **T** vorher nur gehörig bestimmt worden ist, und hierüber soll sogleich noch näher gehandelt werden.

Da nicht angenommen werden kann, daß der im Kessel erzeugte Dampf immer denselben Grad der Spannung besitze, indem man selbst eine merkliche Differenz im Grade dieser Spannung von Augenblick zu Augenblick bei ungleichförmiger Feuerung wahrnehmen wird, so muß dieses auch einen merklichen Einfluß auf die mehr oder weniger geschwind auf- und niedersteigende Bewegung des Dampfkolbens und folglich auf die Regelmäßigkeit der Bewegung der ganzen Maschine haben. In denjenigen Fällen, in welchen diese Veränderlichkeit im Gange der Maschine für die Wirkung derselben nachtheilig sein sollte, sucht man diesem Gebrechen dadurch abzuhelfen, daß

man ein besonderes Ventil im Dampfrohre anbringt und durch ein conisches Pendel (auch Moderator genannt), welches von der Welle des Schwungrades seine Bewegung empfängt, in Thätigkeit erhalten läßt, so daß, wenn die Bewegung des Kolbens und folglich auch diejenige der Achse des Schwungrades beschleunigt oder verzögert wird, das erwähnte Ventil auch weniger oder mehr sich öffnet und dem durchströmenden Dampfe eine engere oder weitere Oeffnung darbietet, welche größere oder geringere Behinderung des Dampfzutrittes dann auch eine Verzögerung oder Beschleunigung der Bewegung des Kolbens zur Folge haben muß, obschon durch dieses Mittel die verlangte regelmäßige Bewegung noch keineswegs auf eine mathematische Weise sich herstellen läßt.

Gleich vor der Dampfkammer ist das Dampfrohr ein Wenig weiter, als es durchgehends zu sein braucht; in diesem weitern Theile A Fig. 23, 24 u. 28 ist ein verticales, oder auch wohl ein horizontales Ventil S' eingeschlossen, welches ganz einfach aus einer metallenen, runden Scheibe besteht, die in der Richtung eines Durchmessers in einer runden oder viereckigen Büchse enthalten ist; durch letztere läuft eine Spindel I'Q', die unten in einen Zapfen endigt, mit welchem sie sich gegen die Innenseite der Wand des Dampfrohres, oder in derselben sich stützt. Das andere Ende der Spindel setzt sich durch eine Oeffnung des Dampfrohres und alsdann durch eine dampfdichte, mit Hanf geliederte Stopfbüchse K'K' fort. Wird also die Spindel I'Q' dieses Ventiles umgedreht, so dreht sich zugleich das Ventil S', und es wird die Oeffnung des Dampfrohres ganz oder zum Theil geschlossen oder geöffnet, je nachdem die Bewegung der Spindel in dieser, oder jener Richtung erfolgte. Der horizontale oder verticale Durch-

messer des Ventils ist etwas größer, als derjenige des weiteren Theiles des Dampfrohres, in welchem sie spielt, so daß die Richtung dieser Klappe, wenn sie geschlossen ist, einen Winkel bildet mit der Richtung des rechtwinkeligen Durchschnittes der Röhre und sie sich auf diese Weise in der Röhre niemals ganz umdrehen kann; wenn die Klappe geöffnet ist, bildet ihre Richtung auch einen kleinen Winkel mit derjenigen der Länge der Röhre, wie dieses aus der Betrachtung von Fig. 28 Nr. 1 verständlich werden wird, indem diese Figur einen Durchschnitt des Dampfrohres und der Klappe in horizontaler Richtung und rechtwinkelig durch die verticale Spindel der Klappe laufend, darbietet.

Die Spindel vx eines conischen Pendels oder Moderators A' wird durch die Welle T mittelst der Winkelräder uu, ww (Fig. 23 und 24) umgedreht; die bewegliche Hülse C' dieses Pendels wirkt auf das gabelförmige Ende des Armes D'C' eines Winkelhebels C'D'E', dessen anderer Arm D'E' mit einem gabelförmigen, länglichen Oehr endigt. In diesem Oehre spielt ein Wirbel oder ein Vorsteckstift, welcher am Ende einer langen, dünnen Stange E'F'G'H' sitzt, die längs der Maschine, durch zwei Ringe oder feste Augen (oder über kleine Rollen) F' und G' an den Säulen M, M befestigt, läuft; diese sind die Stützpuncte der Stange (siehe den Grundriß davon Fig. 30 und den Aufriß eines der genannten Augen, welche an den Säulen befestigt sind Fig. 30). Die Spindel K'I' des Dampfventils, Fig. 23, 24 und 30 hat einen Arm I'N', dessen Ende gabelförmig und mit einem Auge versehen ist, in welchem der Wirbel R' spielt, der am Ende des Armes M'R' des Hebels H'M'R' sitzt; letzterer dreht sich um einen Nagel M', welcher von der Säule M unterstützt wird und am Ende H' durch ein Verbin-

bungsgelenk mit der langen Stange H′G′F′E′ verbunden ist.

Wenn nun z. B. die Geschwindigkeit der Bewegung des Kolbens zunimmt und folglich auch die Welle des Schwungrades mit einer größern Geschwindigkeit umläuft, so muß auch die Spindel xv des conischen Pendels eine größere Geschwindigkeit in ihrer Umdrehung erlangen; dadurch werden die Kugeln B, B sich von der Spindel entfernen und die Hülse C′ aufziehen; dieses kann nicht geschehen, ohne daß der Hebel D′D′E′ bewegt oder gehoben wird, und daß dadurch die Stange E′F′G′H′ zurückgezogen wird, wodurch auch der Hebel H′M′R′ mit dem Arme N′S′ der Ventilspindel sich drehen muß; durch diese Bewegung wird aber die Oeffnung des Dampfrohres verengert, bis der Durchfluß des Dampfes so sehr gehindert ist, als sich nöthig macht, um die Geschwindigkeit der Bewegung im erforderlichen Maße zu vermindern. Bei einer zu geringen Geschwindigkeit der Bewegung werden sich die Kugeln des Moderators der Spindel xv nähern, und durch diese entgegengesetzte Bewegung muß die Dampföffnung des Dampfrohres vergrößert werden, um durch einen reichlichern Zufluß des Dampfes eine weniger behinderte Wirkung, nämlich eine geringere Ausdehnung oder Verdünnung des Dampfes im Cylinder zu verursachen, und dadurch die Geschwindigkeit der Bewegung mehr zu befördern.

Bei einer Dampfmaschine, welche mit einem conischen Pendel versehen ist, sieht man die Kugeln B′, B′ unaufhörlich gegen die Spindel xv hin und von derselben weg sich bewegen, und man bedient sich dieses Mittels nur in Ermangelung eines bessern zum Reguliren der Geschwindigkeit, denn es läßt sich nicht behaupten, daß die Geschwindigkeit durch das

genannte Mittel auf eine vollkommene Weise regulirt werden könne.

Fig. 29 stellt das conische Pendel, von der andern Seite der Maschine gesehen, dar; die Spindel xv, welche unten mit einem Zapfen in einer Pfanne läuft, hat oben einen Hals, um welchen ein Band oder Kragen P′ (Fig. 24 und 25) gelegt und an den Rahmen LL der Maschine befestigt ist. Der Hebel C′D′E′ dreht sich um einen Bolzen L′, welcher in zwei Augen ruht, die an den Rahmen EE angeschraubt sind.

Die Form und der Ort des conischen Pendels sind nach Umständen, oder nach besondern Zwecken manchmal anders, als diejenigen, welche in der Figur angegeben worden sind; an dem Orte, wo der Moderator aufgestellt wird, empfängt er seine Bewegung von der Welle des Schwungrades durch Räderwerk, oder durch Scheiben und Riemen ohne Ende (siehe z. B. zweite Abtheilung des zweiten Theiles Taf. IV. Fig. 168); während endlich auch die Art und Weise, wie die Bewegung der Hülse des Moderators auf das Drosselventil fortgepflanzt wird, nämlich durch Hebel, Winkelhebel und Zugstangen, nach denselben Umständen und Oertlichkeiten der Theile, wie auch noch aus andern Gründen verschieden angetroffen wird*).

---

*) In der Figur ist dargestellt, daß die Hülse C des conischen Pendels mittelst eines Stiftes in einem gabelförmigen Auge des Hebels C′D′E′ wirkt, und dieses geht recht gut an, indem dieses Auge die Hülse beinahe ganz umfaßt; aber man bemerke dennoch, daß diese Darstellung eher als fehlerhaft betrachtet werden müsse, und stelle sich die Sache lieber so vor, daß die Ränder der Hülse unmittelbar auf das gabelförmige Ende des Hebels C′D′E′ wirken. In der Folge dieser Zeilen hierüber mehr (ein ähnliches Versehen ist in den Figuren 168 Nr. 3, 5 und 7, zweiter Theil, zweite Abtheilung begangen worden).

IV. Genauere Beschreibung der Form und der Einrichtung einiger Theile von einer gewöhnlichen Niederdruckdampfmaschine.

Die Dampfbüchse oder Dampfkammer ist gewöhnlich aus folgenden vier Stücken zusammengesetzt: 1) aus einem Boden, der aus einer viereckigen Platte auf der Deckplatte der Kaltwassercisterne W (Fig. 23 und 25) besteht, und auf welche die stehenden Stücke der Dampfkammer geschraubt werden; 2) aus dem stehenden Stücke p' p', in welchem sich die Dampföffnungen und die nach dem Condensator führenden Canäle befinden, und an deren vordere Wand die Platten und Falze geschraubt sind, auf welchen und in welchen die Schieberventile laufen; 3) aus einem Mantel BB (siehe auch Fig. 24), angeschraubt an die vortretenden Ränder der Hinterwand des stehenden Stückes p' p', so daß um die Schieberventile herum ein Raum bleibt, aus welchem eigentlich die Dampfkammer besteht; 4) aus dem Deckel a a, durch welchen die Spindel oder Stange e f der Schieberventile sich fortsetzt, und welche auf den vortretenden, obern Rand des stehenden Stückes und des Mantels geschraubt wird.

Die Dampfkammer, welche, wie sie hier dargestellt ist, hinter dem Cylinder steht, wird auch manchmal, wie bereits im vorhergehenden § bemerkt worden ist, vor den Cylinder gesetzt, und der Theil A des Dampfrohres, welcher mit dem Mantel der Dampfkammer oben oder unten massiv verbunden ist, ist dann meistens an die Seite desselben gesetzt.

Manchmal befindet sich an demjenigen Theile des Dampfrohres, welches mit dem Mantel der Dampfkammer in Verbindung steht, ein Dampfmesser von ähnlicher Beschaffenheit, wie sie am Kessel angebracht werden, um nämlich die Spannung des Dampfes

welcher durch das Dampfrohr in die Dampfkammer tritt, erfahren zu können.

Die Einrichtung des Mantels der Dampfkammer hat wenig Besonderes; aus den Fig. 23, 24 und 25 kann seine Form hinlänglich ersehen werden, und ebenso auch aus dem horizontalen Durchschnitte d.r Dampfkammer (siehe Fig. 33 Nr. 1 auf der untern Hälfte von Taf. IV, wo a'' b'' c'' d'' e'' f'' den Durchschnitt des Mantels darstellt). Der Mantel, welcher hier im Durchschnitte rechtwinkelig ist, hat manchmal eine halbcylindrische Gestalt; dieses hängt jedoch von der besonderen Form der Schieber ab, worüber weiter unten gehandelt werden soll.

Auf dem Deckel a a der Dampfkammer sitzt die Stopfbüchse e e Fig. 25, durch welche die Spindel der Schieber dampfdicht hindurchläuft. Die Einrichtung dieser Stopfbüchse ist ganz so, wie bei den Stopfbüchsen auf den Deckeln der Kolbenröhre von hydraulischen Pressen und Druckpumpen, die in der zweiten Abtheilung des dritten Theiles beschrieben worden sind. Das Stück r' r', welches mit dem Deckel aus dem Ganzen besteht, ist eigentlich die Büchse, die mit Hanf geliedert wird, oder in welche der Hanf, nachdem die Stange durchgeführt ist, eingepackt wird; ein Deckel e e, durch welchen die Stange zuvor ebenfalls durchgeführt ist, tritt mit einem scharfen Rand in die Büchse, um den Hanf festzudrücken, welches noch vollends bewerkstelligt wird durch das Anziehen von zwei Schrauben, welche durch die aufeinanderliegenden Ränder der Büchse und des Deckels laufen. Um die Oeffnung, durch welche die Stange läuft, ist der Deckel schaalenförmig ausgedreht, und diese Schaale wird beständig mit Talg gefüllt, eines Theils, um das mögliche Entweichen des Dampfes dadurch noch zu verhindern, andern Theils, um besonders

die Bewegung der Stange durch die Büchse zu erleichtern.

Da der Dampf, welcher durch die Dampfkammer seinen Weg nimmt, um unten im Cylinder zu wirken, unterwegs immer eine Abkühlung erleidet, aus welcher Wasser entsteht, so findet man meistentheils unten am Mantel der Dampfkammer einen kleinen Hahn, um dieses Wasser von Zeit zu Zeit ablassen zu können.

Die Schieber, deren verticaler Durchschnitt Fig. 25 dargestellt ist, sind auch in Fig. 31 Nr. 1 und 2 von der Vorder- und von der Hinterseite dargestellt; z' z' ist der hohle Raum der Schieber; y' y' der Boden derselben von Hinten; h' h', i' i' sind die geschliffenen Flächen, von welchen die Dampföffnungen bedeckt werden; s' s' die verticalen Seiten dieser Flächen, welche in Falzen laufen. An der Hinterseite der Schieber befinden sich die Krampen t' t', durch welche die Bolzen der Spindeln oder Stangen d' d' und e' f' durchgeführt sind.

Fig. 32 Nr. 1 und 2. Aufrisse von Vorn und von der Seite des stehenden Stückes, welches die Dampföffnung und die Canäle nach dem Condensator enthält. Der verticale Durchschnitt ist in Fig. 25 gegeben, und drei horizontale Durchschnitte nach den Linien u' u', v' v', w' w' in Fig. 33 Nr. 1, 2 und 3 in der oberen Tafelhälfte von Taf. IV.

p' p' hintere Tafel des stehenden Stückes; x' x' Wände des hohlen Raumes, a' a' des stehenden Stückes; Fig. 32 Nr. 1 ist ein Theil der vordern Wand, x' x' im Aufriß als abgebrochen dargestellt, um den Raum a' a' und die Oeffnung oder Mündung der Kammer T' sichtbar zu machen; k'' j'' vortretende Ränder der hinteren Platte, an welchen die des Mantels anschließen; o'', o'' u. s. w. Löcher, um Schraubenbolzen durchzuführen; l'', l'' eben geschliffene Me-

tallplatten, welche auf die vordere Wand x' x' des stehenden Stückes geschraubt sind, und auf welchen sich die Schieber dampfdicht bewegen; C Dampföffnungen; b', c' Oeffnungen des Raumes a' a', welche nach dem Condensator führen; m'' n'' Leisten, welche im Durchschnitte die Form eines Winkelhakens haben und mit einer Kante an die Platten l'' l'' schließen, während die andere Kante in solcher Entfernung von der Fläche der Platten liegt, um Falze zu bilden für die verticalen Seiten der ebenen Theile der Schieber. Auf diesen Leisten sind in kleinen Entfernungen voneinander viereckige Querleisten p'' p'' u. s. w. befestigt, durch welche die Schrauben mit viereckigen Köpfen q'' q'' laufen, und diese Leisten an der Vorderwand x' x' der Dampfkammer festhalten; r'' r'' Fig. 32 Nr. 2 sind die mit der Dampfkammer verbundenen Theile der Röhren, welche die Communication zwischen der Dampfkammer und dem Cylinder beschränken; E Mündung der Röhre, welche die Communication zwischen dem Dampfraume a' a' und dem Condensator mittelst der Kammer T' herstellt.

Während der Dampf aus dem Cylinder in den Dampfraum a' a' des stehenden Stückes Fig. 25 übertritt, erfährt derselbe in diesem Raume sogleich eine beträchtliche Abkühlung; das aus dieser Abkühlung entstehende Wasser sinkt natürlich auf den Boden dieses Raumes und muß, wenn es hier anwächst, über den Rand der Oeffnung c' in die Schieber U'' und von da in den Cylinder selbst sich begeben, wenn dieses nicht auf irgend eine Weise verhindert wird. Man kann sich dazu immer eines in diesen Boden gesetzten Hahnes bedienen, der von Zeit zu Zeit geöffnet wird, damit das Condensationswasser ablaufen könne; es ist jedoch besser, die Kammer T', welche hier der Deutlichkeit halber in der halben Höhe der Dampfkammer an der Hinterwand p' p' angegeben

ist, unten am Boden anzubringen, so daß sie im Nothfall um die untere Communicationsröhre C läuft, damit das Wasser, welches durch die Condensation des Dampfes im Raume a' a' niedergeschlagen wird, in die Kammer T' und von da in den Condensator selbst ablaufen könne.

Eine andere Einrichtung des stehenden Stückes der Dampfkammer, auf welche bereits früher verwiesen worden, ist in Fig. 33 Nr. 1 bis 5 auf der oberen Hälfte der Tafel dargestellt.

Fig. 33 Nr. 1. Grundriß des stehenden Stückes, sowie dasselbe gesehen wird von der dem Cylinder zugewendeten Hinterseite.

Fig. 33 Nr. 4. Durchschnitt über die Mitte der Länge nach der Linie e f von Fig. 33 Nr. 1.

Fig. 33 Nr. 3. Durchschnitt der Länge nach der Linie von c d von Fig. 33 Nr. 1.

Fig. 33 Nr. 2. Durchschnitt, in der Richtung der Länge nach einer Ebene genommen, welche durch die halbe Dicke des stehenden Stückes parallel mit der Vorder- oder Hinterwand läuft und deßhalb eine Richtung a b Fig. 33 Nr. 3 und 4 besitzt.

Fig. 33 Nr. 5. Horizontaler Durchschnitt nach der Linie g h Fig. 33 Nr. 1 und 2.

C Dampföffnungen. b' und c' Oeffnungen des Dampfraumes a' a', welcher nach dem Condensator leitet. Dieser Raum besteht hier aus zwei rechtwinkeligen Canälen oder Röhren, welche an der Seite der Oeffnungen b', c' und C von Oben nach Unten laufen, so daß sie in dem stehenden Stücke selbst an der untersten Dampföffnung hinlaufen.

E Rechtwinkelige Röhre, mit dem Boden des Stückes verbunden und durch die Deckplatten der Wassercisterne W (siehe z. B. Fig. 34) nach dem Condensator V' sich fortsetzend. Diese Röhre stellt demnach (wie in den Fig. 33 Nr. 2, 3 und 4 durch

Pfeilchen angegeben worden) eine unmittelbare Communication zwischen dem Dampfraume a' a' und dem Condensator V' her, ohne Vermittelung einer Kammer T', so daß auch bei dieser Einrichtung das Wasser aus dem Dampfraume a' a' leichter in den Condensator abfließt. Das stehende Stück ist dann auf diese Weise besser eingerichtet, obschon seine Verfertigung auch schwieriger ist, als bei der oben Fig. 25 und 32 angegebenen Einrichtung. Ueber noch andere Einrichtungen der Dampfkammern wird in der dritten Abtheilung gehandelt.

Um noch deutlicher zu erklären, auf welche Weise die Schieberventile sich regelmäßig auf- und niederbewegen müssen, damit der Dampf abwechselnd über und unter den Kolben gelangen und auch zugleich aus dem Raume unter und über dem Kolben nach dem Condensator abfließen könne, sind Fig. 35 Taf. V. acht verschiedene Stände der Schieberventile bildlich dargestellt; unter denselben sind zugleich auch die Stellungen angegeben, in welchen sich die excentrische Scheibe und die Kurbel diesen Ständen entsprechend befinden müssen.

C und C' obere und untere Dampföffnung; b' und c' obere und untere Oeffnungen der Dampfräume, welche nach dem Condensator führen; U' und U'' obere und untere Schieberventile.

T Welle des Schwungrades; m excentrische Scheibe; T S Richtung der Kurbel, gerade entgegengesetzt; oder (wie es in der Figur der Fall ist) einen kleinen Winkel mit dem verlängerten Durchmesser m T der excentrischen Scheibe bildend.

Erster Stand. Dieses ist derjenige, bei welchem die obere Dampföffnung eben soll geöffnet werden, indem der Kolben niedergetrieben werden soll; die untere Dampföffnung ist bereits geschlossen, ehe die obere geöffnet wird; der Dampf hört deßhalb

schon auf, in den unteren Theil des Cylinders zu treten, ehe noch der Hub des Kolbens vollbracht ist, und er muß deßhalb durch Ausdehnung wirken, um den Kolben durch den noch übrigen Theil seines Laufes zu treiben. Wenn jedoch die obere Dampföffnung aufgeschlossen wird, findet bereits Communication zwischen der unteren Dampföffnung C' und der Oeffnung c' des Dampfraumes im stehenden Stücke Statt, und der benutzte Dampf entweicht bereits in den Condensator. Die Kurbel ist in diesem Augenblicke durch die Wirkung des Schwungrades eben durch ihren niedrigsten Stand geführt.

Zweiter Stand. Die obere Dampföffnung C ist halb offen und ebenso auch die untere Dampföffnung, die nun mit c' und so mit dem Condensator communicirt.

Dritter Stand. Vollständige Oeffnung der oberen Dampföffnung C, während die Communication zwischen den Oeffnungen C' und c' zugleich ganz aufgeschlossen ist. Die Schieber befinden sich hier in ihrem tiefsten Stande; die Kurbel ist beinahe horizontal gerichtet, und der Dampfkolben hat die Hälfte seines Laufes erreicht.

Vierter Stand. In diesem vierten Stande sind die Schieberventile wieder so weit hinaufgegangen, daß die Dampföffnungen halb geschlossen sind.

Fünfter Stand. Die Dampföffnungen sind wieder ganz geschlossen; es tritt also kein Dampf mehr über den Kolben, und ebenso entweicht kein Dampf aus dem Raume unter dem Kolben nach dem Condensator; der Dampf muß folglich durch Ausdehnung wirken, um den Kolben durch den noch übrigen Theil seines Laufs fortzubewegen, welcher Theil jedoch nicht beträchtlich ist und z. B. $\frac{1}{20}$ des ganzen Laufes ausmacht. Während der Kolben diesen Theil seines Laufes zurücklegt, werden die Schieber weiter

emporgezogen, und wenn er vollständig niedergetrieben, ist zugleich die untere Dampföffnung C′ aufgeschlossen, und die obere C communicirt bereits mit dem Condensator. Der Kolben wird dann wieder gehoben, und die Kurbel wird den in der Figur angegebenen Stand erreicht haben, nämlich sie wird etwas weiter, als durch den oberen sogenannten todten Punct gelangt sein.

Sechster Stand. Die Dampföffnungen sind durch die aufsteigende Bewegung des Kolbens halb geöffnet.

Siebenter Stand. Vollständig aufgeschlossene Dampföffnung, wenn der Kolben die halbe Höhe seines Hubes erreicht hat; die Kurbel ist dann beinahe horizontal gerichtet, und die Schieber haben ihren höchsten Stand.

Achter Stand. In diesem Stande hat der Kolben reichlich ¾ seines Zuges vollbracht; die Schieber haben niederwärts den vierten Theil des Raumes durchlaufen, den sie abwechselnd durchlaufen müssen; sie bedecken die Dampföffnung bis zur halben Höhe derselben.

Neunter Stand. Vollständige Absperrung der Dampföffnung in dem Augenblicke, wo sie durch ferneres Hinabsteigen der Schieber wieder geöffnet werden sollen, und wo der Kolben ganz so, wie für den ersten Stand angegeben ist, wieder niederzusteigen beginnen soll.

In der Figur ist der Stand der excentrischen Scheibe demjenigen der Kurbel gerade gegenüberstehend. Bei manchen Maschinen hat die excentrische Scheibe denselben Stand, wie die Kurbel, und dieses hängt besonders von der Stellung des Kniestückes ab, durch welches der Schieber der excentrischen Scheibe auf die Spindel der Schieber wirkt; denn wenn der Arm der Kniestückes, auf welchem die Stange der excen-

trischen Scheibe ruht, nach Oben gerichtet ist, so wirkt das Kniestück auch in der entgegengesetzten Richtung von derjenigen, in welcher es wirkt, wenn dieser Arm niederwärts hängt, wie in Fig. 27 angegeben ist; in Bezug auf den horizontalen Arm des Kniestückes gilt dasselbe *).

Der Cylinder besteht gewöhnlich aus drei Stücken, nämlich aus einer Büchse oder cylinderförmigen Röhre, aus einem Boden und aus einem Deckel. Die Röhre, der Körper, oder lieber das stehende Stück des geschlossenen Cylinders L'' L'' M'' M'' Fig. 25 ist inwendig ganz genau rund ausgebohrt; an dem oberen und unteren Ende desselben befinden sich die rechtwinkeligen Röhren q' C und r' C, welche mit den entsprechenden Röhren des stehenden Stückes der Dampfkammer verbunden sind, und die Communication zwischen dem Cylinder und dem Kessel, sowie auch mit dem Condensator herstellen müssen.

Der Boden oder die Sohle P'' P'' ist selbst die obere Fläche eines Cylinders N'' N'', welcher auf dem Rande der Wandplatten der Wassercisterne W W, oder auch wohl auf den Deckplatten O'' O'' dieser Cisterne steht. Durch dieses cylindrische Fußgestell bekommt der Cylinder einen höheren Stand, damit sich derselbe bis unter die untere Dampföffnung C eben so weit ausbreite, als die Dampfkammer; denn der Boden dieser Dampfbüchse oder Dampfkammer muß einen hinlänglichen Abstand von dieser Oeffnung haben, um die Bewegung der Schieber U'' unter

*) Zu Demjenigen, was hier über die relativen Stellungen der Kurbel und der excentrischen Scheibe gesagt ist, muß noch hinzugefügt werden, daß diese Stellung auch von der Richtung der Excentricumstange abhängt. Das in dem Texte Gesagte ist also bloß auf den Fall anwendbar, wo die Excentricumstange eine horizontale, oder beinahe eine horizontale Richtung hat.

dieser Oeffnung nicht zu behindern. Der Deckel K'' K'' des Cylinders enthält im Mittelpuncte die mit Hanf geliederte Stopfbüchse r r, ähnlich derjenigen, welche sich auf der Dampfkammer befindet, um der Kolbenstange F einen dampfdichten Durchgang zu gewähren. Auf derselben gefindet sich noch ein hohles Gefäß oder Fetttopf S, welcher mit dem inneren Theile des Cylinders communicirt und durch einen Hahn (den Schmierhahn) u'' verschlossen werden kann (vergleiche auch Fig. 23). Das geschmolzene Fett, welches man aus diesem Gefäße von Zeit zu Zeit in den Cylinder laufen läßt, während der Kolben nach Oben sich bewegt, fließt über die Oberfläche des Kolbens nach der Wand des Cylinders und dient dazu, daß der die Liederung um den Kolben herum bildende Hanf geschmeidig erhalten werde und nicht vertrockene. Manchmal befinden sich drei solcher Gefäße um die Kolbenstange herum auf dem Deckel, damit das Fett gleichförmiger nach allen Puncten des Kolbenumfanges abfließen könne.

Selbst über dem Boden befinden sich häufig eine kleine Röhre s'' t'' Fig. 23, welche vom Cylinder in die Wassercisterne W läuft; sie wird mittelst eines kleinen Hahnes verschlossen und dient dazu, um von Zeit zu Zeit das Wasser abzuzapfen, welches sich durch die noch immer Statt findende Condensation des Dampfes auf den Boden des Cylinders ansammelt. An das obere Ende des Cylinders muß ebenfalls ein Röhrchen angesetzt werden, um das Wasser abzuzapfen, welches sich über dem Kolben durch Verdichtung des Dampfes sammelt. Manchmal befinden sich auf dem Deckel des Cylinders und nahe an seinem Boden besondere Abzugventile, die mit Federn angedrückt werden und durch die Bewegung des Kolbens sich öffnen; und manchmal kann das erwähnte Condensationswasser auch durch die

Dampföffnung in die Dampfkammer oder in den Condensator abfließen.

Die besondere Form des Cylinders, des Deckels und des Bodens ist aus der Betrachtung der Figuren ersichtlich. Diese Stücke werden durch Schraubenbolzen miteinander verbunden, welche durch die aufeinanderschließenden ebenen Ränder laufen, während das dampfdichte Anschließen dieser Ränder unter anderen auf die Weise erlangt wird, daß man sie mit Eisenkitt zusammenfügt (siehe zweite Abtheilung des dritten Theiles Art. 65), womit man die Verbindungen aller Stücke einer Dampfmaschine dampfdicht zu machen pflegt.

Die Kolben der Dampfmaschinen von niederem Druck werden aus verschiedenen Stücken zusammengesetzt, wie wir nachher angeben wollen; sie werden mit geflochtenem Werg (auch manchmal mit Zöpfen von grob gesponnenem baumwollenen Garn), welches in Fett getränkt ist, umwickelt, und schließen auf diese Weise an den Wandungen des Cylinders genau an. Nach Verlauf einer gewissen Zeit, die man durch Erfahrungen kennen lernt, muß dieses Werg erneuert, oder durch festeres Anziehen des Deckstückes des Kolbens enger zusammengedrückt werden, denn sobald dieses versäumt wird, hört der Kolben auf, sich dampfdicht im Cylinder zu bewegen, und da der Dampf alsdann zwischen dem Kolben und der Wandung des Cylinders Durchgang finden kann, so muß die Bewegung der Maschine sehr behindert werden. Dieselbe Sorgfalt muß auch auf die mit Hanf geliederten Stopfbüchsen verwendet werden.

Die aus dem Mittelpuncte des Kolbens durch die Stopfbüchse r r laufende Kolbenstange **F** ist an die vorderste Querstange des Parallelogrammes **G G** angeschlossen, durch welches die Bewegung der Stange auf den Balancier übergetragen wird, ohne daß die

Stange auf eine bemerkbare Weise von ihrer nothwendigen verticalen Richtung der Bewegung abweicht. Die Fig. 36 Nr. 1 bis 6 Taf. V. stellen das ganze Parallelogramm (Storchschnabel), sowie auch die einzelnen Theile desselben in einem vergrößerten Maßstabe dar.

Fig. 36 Nr. 1. Aufriß oder verticale Abbildung eines Theiles des Balanciers **H H** nebst dem an demselben hängenden Parallelogramm **G**. Dieser Aufriß ist von der Seite der Maschine genommen.

Fig. 36 Nr. 2. Aufriß des Balanciers und des Parallelogrammes von der Vorderseite genommen, sowie man die Ansicht hat, wenn man vor der Dampfkammer steht (und folglich ebenso wie Fig. 24).

Fig. 36 Nr. 3. Grundriß des Balanciers sammt dem mit ihm verbundenen Parallelogramm.

Fig. 36 Nr. 4. Grundriß der unteren Zusammensetzung der Stangen des Parallelogrammes.

Fig. 36 Nr. 5. Verticaler Durchschnitt des Parallelogrammes über die Mitte der Breite nach der Linie x y Fig. 43 Nr. 2 genommen (der Durchschnitt des Balanciers ist dabei natürlich weggelassen).

Fig. 36 Nr. 6. Aufriß der hintersten Stangen des Parallelogrammes.

H H Balancier, verstärkt mit Leisten an den Enden (und meistens auch in der Mitte) und um die Löcher herum, durch welche die verschiedenen Gelenkbolzen durchgesteckt werden. **I**, Achse des Maschinenbaumes, welche sich mit Zapfen in den Lagern **K** dreht, die auf dem Rahmen oder an der Decke der Maschine festgeschraubt sind, welche von den Säulen getragen wird. Die Achse hat, wie aus den Fig. 36 Nr. 2 und 3 ersichtlich ist, eine conische Gestalt, damit ihr Gewicht ohne Abnahme der Stärke so klein wie möglich sei.

a a, b b Gelenkbolzen, welche durch entsprechende Löcher des Balanciers gesteckt sind, und an welchen das Parallelogramm hängt; sie sitzen in den erwähnten Löchern des Balanciers unbeweglich fest; ihre Enden, welche aus dem Körper des Balanciers vorragen, sind im Durchmesser etwas geringer, als die mittleren Theile. Um diese runden Enden liegen metallene Pfannen, an ihren Enden mit vorragenden Rändern versehen; um diese Pfannen oder Futter herum sind Bänder oder Bügel Q″ P″ e f g und S″ R″ h i k gelegt, welche die eigentlichen niederhängenden Stangen des Parallelogrammes ausmachen, und an deren unteres Ende noch zwei andere Pfannen angeschlossen sind, in welchen sich die unteren Vorder- und Hinterstangen c c und l l drehen. Die oberen und unteren Pfannen sitzen folglich wegen der vorragenden Ränder, mit denen sie versehen sind, ganz in den Bügeln oder Bändern und werden durch die verticalen Mittelstangen a c und b d im gehörigen Abstande voneinander erhalten; die untersten Pfannen c der Vorderstangen werden durch doppelte Vorstecker oder Schließkeile (Spliethe) g getragen. Die Hinterstangen oder Bügel S″R″ (deren Zapfen b gewöhnlich von dem Zapfen a der Vorderbügel einen Abstand hat, gleich der halben Länge l a des halben Balanciers) sind, wie aus der Figur ersichtlich ist, etwas anders eingerichtet, als die Vorderstangen, weil sie die Pfannen für drei Zapfen b b, d d, l l tragen müssen; sie bestehen also aus zwei Theilen, nämlich aus einem Bügel S″ R″ h i k und aus einer Stange T″ l, welche mit einem Splieth zwischen dem genannten Bügel festgeschlossen ist.

Die vorderen und hinteren Gelenkbolzen c c l l des Parallelogrammes werden durch die an ihren Enden mit runden Augen versehenen Stangen p q, p′q vereinigt, indem durch diese Augen die genannten

Gelenkbolzen laufen. Zwischen diesen Stangen hängt an dem vorderen Gelenkbolzen c c die Kolbenstange F, welche z. B. durch einen mit dem Bolzen c c verbundenen viereckigen Kopf X'' läuft.

Die Kolbenstange N der Luftpumpe hängt an dem mittleren Gelenkbolzen d d der Hinterstangen des Parallelogrammes; da aber die Richtung dieser Stange gerade durch die Richtung der hintern Querstange l l läuft, so hat sie an dieser Stelle ein geräumiges, ringförmiges Loch m n, durch welches die Stange l l ungehindert sich fortsetzt, oder umgekehrt, die Kolbenstange der Luftpumpe läuft durch ein geräumiges, ovales oder viereckiges Loch, welches an oder in der Mitte der hintern Stange l l angebracht ist, so daß die Stange des Luftpumpenkolbens eigentlich aus zwei Theilen V'' W'' und N besteht, welche durch einen Ring m n miteinander verbunden sind. Der Grund, warum die Kolbenstange der Luftpumpe nicht an der Querstange l l hängt, sondern höher an der Stange d d, ist dieser: damit nämlich, weil die Kolbenstange der Luftpumpe eben so gut, wie die Kolbenstange des Dampfcylinders, so genau wie möglich in verticaler Richtung bewegt werden muß, ihr Verbindungspunct V'' am Parallelogramm auch näher an der oberen Seite a b (Fig. 36 Nr. 5) zu liegen komme, als derjenige der Stange des Dampfkolbens, weil der Hebelarm b I oder der Hub des Kolbens der Luftpumpe kürzer ist, als derjenige des Dampfkolbens.

Die horizontale hintere Stange l l des Parallelogrammes ist länger, als die vordere Stange, damit ihre Enden in die Augen l l (Nr. 3 und 4) der Zugstangen u v, u v eingreifen können, deren andere Augen o, o sich an zwei festen Bolzen drehen, die an den Leisten der Decke L L, L L, welche von den Säulen getragen wird, befestigt sind. Die Zugstan-

gen u v haben meistentheils dieselbe Länge, wie die Verbindungsstangen p q des Parallelogrammes, und wenn der Balancier im Gleichgewichte hängt, oder eine horizontale Richtung hat, so haben auch diese Stangen u v, p q eine horizontale Richtung, und der vordere Gelenkbolzen c c des Parallelogrammes befindet sich dann auch mit den festen Bolzen o, o der Zugstangen in einer und derselben Richtung.

Wenn die Maschine in Bewegung ist, so wird der vordere Gelenkbolzen c c des Parallelogrammes zwischen den festen Bolzen o o beständig auf- und niederbewegt, und da die Zugstangen das Parallelogramm bestimmen, sich gleichviel nach vorn oder nach hinten zu drehen, wenn dasselbe durch die entgegengesetzte, abwechselnde, drehende Bewegung des Balanciers nach hinten oder nach vorn gezogen wird, so werden die vordern und hintern Querbolzen c c und l l keine, oder höchstens nur eine sehr geringe Seitenbewegung während des Auf- und Niedergehens erhalten, und die Bewegungen der Kolbenstangen des Cylinders und der Luftpumpe müssen ebenfalls ziemlich genau vertical sein.

Die Stangen P und Q Fig. 23 der Kalt- und Warmwasserpumpen sind an den oberen Enden mit kurzen Bügeln versehen, um die Lager für die Gelenkbolzen zu halten, welche durch den Balancier geschlagen sind, und an denen die genannten Stangen hängen. Da diese Stangen unmittelbar am Balancier befestigt sind (ohne Vermittelung eines Parallelogrammes, oder eines ähnlichen mechanischen Theiles), so haben sie auch keine genaue verticale, sondern vielmehr eine schwingende Bewegung; diese kann jedoch keinen sehr nachtheiligen Einfluß auf die Bewegung der Pumpenkolben ausüben, wenigstens wird eine möglichst genaue verticale Bewegung nicht so unbedingt erfordert, als bei'm Dampfkolben und bei

der Luftpumpe: und im Nothfalle verbindet man die beiden Stücke der Wasserpumpenstange mittelst eines Gelenkes, damit ihre Bewegung so wenig wie möglich von der verticalen Richtung abweiche.

An den Armen des gabelförmigen Endes der Kurbelstange, wie auch an dem unteren Ende dieser Stange befinden sich Lager, welche mit Bändern und Vorsteckern an die Stange geschlossen sind und zur Aufnahme der Gelenkbolzen dienen, welche die Kurbelstange mit dem Balancier und der Kurbel verbinden. In den Fig. 23 und 26 sind die Verbindungen und Formen dieser Stücke mit der nöthigen Ausführlichkeit angegeben.

Die Einrichtung des Condensators ist selten anders, als die Fig. 25 angegebene, man müßte denn die Form besonders in Anschlag bringen, indem er manchmal aus einem Cylinder besteht, statt daß man sonst dazu eine lange, viereckige Kammer anwendet *). In eine der Seiten des Condensators und nahe am Boden desselben ist eine Röhre Y″ Z″ eingesetzt, welche von einem aufwärts sich öffnenden Ventile, das immer unter der Oberfläche des Wassers in der Cisterne **W** liegt, geschlossen wird. Diese Röhre und dieses Ventil **Z″**, das sogenannte Schnaubeventil oder der Schnüffler, lassen die Luft entweichen, welche sich im Cylinder und im Condensator befindet, wenn die Maschine angelassen werden soll. An den meisten Maschinen ist dieses Schnaubeventil nicht an der Seite des Condensators angebracht, sondern Luft

---

*) Wir müssen hier bemerken, daß man die Condensation nicht allein durch Einspritzwasser, sondern auch durch lange, im Zickzack geführte, dünne kupferne Röhren, welche in einem Kasten liegen, der immer frisches, kaltes Wasser zugeführt enthält, bewirkt werden kann. Die Maschinen aus der bekannten Fabrik von **Freund** in Berlin haben diese Condensation. H.

und Dampf werden durch die Ventile der Luftpumpe selbst ausgeblasen.

Die Injectionsröhre W'' wird auch wohl ersetzt (obschon nicht mit Vortheil) durch eine einfache Mündung W' Fig. 34, durch welche das Wasser genöthigt wird, mit einem aufsteigenden Strahl sich in den Condensator zu ergießen. Statt eines Hahnes g'' Fig. 25 wendet man auch wohl einmal einen Schieber g'' Fig. 34 an, welche zwischen zwei Falzen oder Leisten bewegt wird, die in dem ebenen Rande der nach Außen vorragenden Röhrenmündung W' angebracht sind. Die Stange h'' ist dann mittelst eines Halses und Kragens mit dem Schieber g'' verbunden und läuft mit einer Schraube durch die Deckplatte O''O'' der Wassercisterne, so daß, wenn man den Schwengel i'' in der einen, oder in der andern Richtung dreht, der Schieber g'' auf- oder niedergeschraubt wird. Wie in den Figg. 31 und 40 es dargestellt ist, wird der Injectionshahn, oder der Schieber g'' durch die Umdrehung des Schwengels i'' unmittelbar geöffnet oder geschlossen; läßt es jedoch die Gelegenheit oder die Oertlichkeit der einzelnen Maschinentheile nicht zu, den Schwengel gerade über den Hahn oder den Schieber g'' zu bringen, sondern muß derselbe an die Seite des Cylinders, oder vorn neben die Dampfkammer gebracht werden, so kann er auf die Stange h'' des Hahnes oder den Schieber nur durch Vermittelung von Stangen und Winkelhebeln oder Kniestücken, die durch Gelenke mit einander verbunden sind, wirken. Wenn der Hahn oder der Schieber mehr oder weniger geöffnet werden, so ergießt sich auch das Wasser in stärkerem oder geringerem Maße in den Condensator. Die Größe dieser Oeffnung, welche nöthig ist, um gerade die erforderliche Quantität Wasser in den Condensator zu ergießen, wird gemeiniglich durch Versuche bestimmt;

ist aber diese Oeffnung einmal bestimmt, so muß der Maschinist immer auf eine sichere Weise den Hahn so weit umdrehen können, daß er die erwähnte, bestimmte Oeffnung giebt. Für diesen Zweck ist an die Stange des Schwengels ein Stift oder ein Zeiger angebracht, welcher sich über einem, auf der Deckplatte befestigten, graduirten Bogen dreht und den Punct anzeigt, wie weit der Schwengel gedreht werden müsse, um den Hahn so weit zu öffnen, als nöthig ist 2c.

Die Communication zwischen der Luftpumpe und der Warmwasserpumpe wird nie bewerkstelligt durch eine Röhre D'' (Fig. 25), die unter dem Kolben angebracht ist, wohl aber durch eine über dem Kolben liegende Röhre und noch gewöhnlicher durch einen Warmwasserbehälter B'' (Fig. 34), in welchen sich das warme Wasser aus dem Condensator ergießt, und in welchem die Warmwasserpumpe E'' F'' steht (auf der einen, oder der andern Seite vom Mittelpuncte des Balanciers), oder mit welchem das Saugrohr der Warmwasserpumpe in Verbindung steht. Die Ausgußröhre A'' der Luftpumpe ist alsdann mit einer schrägen und nach Außen sich öffnenden viereckigen Klappe geschlossen; wenn der Kolben Y'' emporsteigt, so werden die Luft und der nicht condensirte Dampf, welcher aus dem Condensator sich erhoben hat, allmälig zusammengepreßt, bis ihre Dichtigkeit der atmosphärischen gleich geworden ist, worauf das Ventil A'' gehoben wird; die Luft und der noch nicht condensirte Dampf entweichen in die Atmosphäre, das warme Wasser aber ergießt sich in den Behälter B'', aus welchem es durch die Warmwasserpumpe E'' F'' weiter gefördert wird, während das überflüssige Wasser durch die Oeffnung oder Röhre C'' abläuft.

Gemeiniglich ist die Speisepumpe eine Druck-

pumpe, wie auch in der Figur dargestellt ist, obschon sie alsdann auch mit einem metallenen geliederten Kolben versehen ist (dritter Theil, zweite Abtheilung, Taf. II. Fig. 71), dessen Bewegung unwandelbar ist. Es ist nicht nöthig, daß die Wassercisterne W so groß sei, wie in der Figur dargestellt ist; man ist häufig darauf beschränkt, den Condensator und die Luftpumpe in eine Cisterne zu bringen, in welche die Kaltwasserpumpe mittelst einer Röhre ihr Wasser ausgießt. Dieses ist besonders der Fall, wenn die Maschine eine solche Größe hat, daß der Dampfcylinder auf dem Boden steht und der Condensator nebst den Pumpenwerken in einem gewölbten Souterrain stehen. Der ganze Apparat der Cisterne W fällt in diesem Falle weg, und die Platten O″O″, welche auf dem Rande der Cisterne W gelegt werden, können dann die Stelle des Gewölbes über dem viereckig ausgemauerten Souterrain vertreten.

Die Säulen, welche das Gebälk oder das Gerüst der Maschine tragen, auf welchem die Zapfenlager des Balanciers befestigt sind, und das zugleich die festen Bolzen der Zugstangen des Parallelogrammes hält, sind nicht immer 6 an der Zahl; denn wenn in dem Maschinenhause eine so feste Decke vorhanden ist, um die erwähnten Lager sicher tragen zu können, so bedarf es nur zwei Säulen, um die Decke unter den Lagern zu unterstützen. Bei Maschinen von großem Caliber wird, wie wir schon im 1. Cap. dieser Abtheilung bemerkten, selbst ein von sechs Säulen unterstütztes Gerüst unräthlich und gefährlich; häufig wird daher ein festes Mauerwerk den Balancier-Zapfenlagern eine zuverlässigere Basis gewähren, als zwei oder sechs Säulen. Eine gemauerte Basis ist dagegen, während sich die Maschine im Betriebe befindet, beträchtlichen Erschütterungen ausgesetzt, die zuletzt gefährlich werden können, da die Bewegung

17 *

der Last mit starken Rucken und Stößen verbunden zu sein pflegt. Mit einem Worte, die Unterstützung der Balancier-Zapfenlager kann, um möglichst solid zu sein, auf eine Weise ausgeführt werden, welche die Oertlichkeit vorschreibt oder zuläßt, und welche die Umstände gebieten. Die sogenannten Maschinen mit sechs Säulen sind nur leichter transportabel als andere, d. h. sie können, wenn sie an einem bestimmten Orte ihre Dienste geleistet haben, leichter und mit weniger Apparat, oder geringerem Zusatze von neuen Theilen u. s. w. auf einer andern Stelle aufgerichtet werden; jedoch ist auch, streng genommen, für solche Maschinen nicht immer ein von 6 Säulen unterstützter Rahmen nöthig, denn ein Gestell von zwei Säulen, welche einander in schräger Richtung unterstützen, oder ein dreieckiger Rahmen u. s. w. ist auch häufig ausreichend, um die Stühle der Lager, in welchen die Balancier-Zapfen sich drehen, sicher zu tragen. Die festen Bolzen der Zugstangen des Parallelogrammes (nämlich die Bolzen o, o Fig. 24 und 36, Nr. 2, 3 und 4), die gewöhnlich an dies Gebälk der Maschine befestigt sind, werden, wenn ein solches Gebälk nicht vorhanden ist, an jedes andere vorhandene Gebälk, oder an zwei kurze Säulen befestigt, welche speciell für diesen Zweck auf den Cylinderdeckel gesetzt sind; oder man befestigt sie an einen gestützten Arm, welcher mit den Säulen oder dem Rahmen vereinigt ist, der die Balancier-Zapfenlager trägt.

Die Materialien, aus welchen die Theile einer Dampfmaschine verfertigt werden, sind Guß- und Schmiedeeisen, Rothguß und Bronce.

Alle Stangen sind von geschmiedetem Eisen und ebenso auch die Kurbel des Schwungrades, die Bügel des Parallelogrammes und die meisten Bolzen; die Stange des Dampfkolbens ist jedoch verstählt, und die Kurbelstange besteht aus Gußeisen.

Zapfenlager, Hähne, Schmierbüchsen, die ebenen Platten, auf welchen die Schieber bewegt werden, der Ring, welcher die excentrische Scheibe umgiebt, mit einem Worte, alle Stücke, auf welchen sich Eisen bewegt, oder welche auf Eisen sich bewegen, sind von Rothguß oder Bronce.

Alle übrigen Theile sind aus Gußeisen; die Zapfenlager sind hohl gegossen. Der Balancier kann auch aus hölzernen Theilen, verbunden mit eisernen Bolzen, Bändern und Klammern, zusammengesetzt werden, doch selten giebt man einem solchen vor einem gußeisernen den Vorzug.

Alle Stangen, welche sich in Büchsen, Stopfbüchsen u. s. w. bewegen müssen, sind auf der Drehbank vollkommen rund gedreht; alles Gestänge wird auch ganz blank gehalten. Die gegossenen Stücke sind auswendig schwarz gefärbt. Beschreibungen und Bemerkungen über die Verfertigung der verschiedenen Stücke einer Dampfmaschine können hier keinen Platz finden, aber über die besonderen Formen derselben soll weiter unten in den folgenden Abtheilungen dieses Werks gehandelt werden, wie bereits mehrmals gesagt worden ist. Die Werke von Grouvelle und Jaunez, und von Leblanc, über Dampfmaschinen- und Maschinenbau überhaupt, welche ebenfalls dem Schauplatz angehören, sind gleicherweise zu berathen.

V. Ueber das Anlassen, die Steuerung und das In-Ruhe-setzen einer gewöhnlichen Niederdruck-Dampfmaschine.

Wenn eine Dampfmaschine angelassen werden soll, oder wenn dieselbe, nachdem sie einige Tage oder Stunden still gestanden hat, wieder in Bewegung gesetzt werden soll, so müssen das Dampfrohr, die Dampfkammer, der Cylinder und der Condensator

erst gereinigt, oder von der atmosphärischen Luft befreit werden, welche in diesen Theilen enthalten ist; denn bei dem Stillstande der Maschine tritt die Luft, welche in den Kessel kommt, auch in das Dampfrohr, in den Cylinder u. s. w., oder sie dringt durch Ritze und Fugen. Ueberdies sind die Theile, in welche der Dampf eintreten muß, kalt, und damit der Dampf keine merkliche Condensation erfahre, wenn er mit diesen Theilen in Berührung kommt, so müssen diese zuvor bis zur Temperatur des Dampfes selbst erwärmt werden.

Der Dampfmaschinenwärter muß deßhalb, bevor er dieselbe anläßt, sie erst anwärmen, wie man dieses zu nennen pflegt, und die in derselben anwesende Luft austreiben, durch deren Gegenwart die Bewegung der Maschine gehindert, oder ganz unmöglich gemacht werden würde.

Wenn der Dampf im Kessel bis zur erforderlichen Spannung erhitzt ist und die Luft zuvor aus dem Kessel ausgeblasen worden, so wird das Ventil (welches sich im stehenden Stücke **T** Fig. 10 des Dampfrohres befindet, oder sonst die Dampfklappe, welche in der Röhre **V** vor der Dampfkammer Fig. 23 angebracht ist, und welche, um die Stangen und Hebel des conischen Pendels entbehren zu können, aus der Hand gesteuert werden kann, wiewohl meistentheils noch eine freie Dampfklappe vorhanden ist) geöffnet, und der Dampf tritt in die Dampfkammer.

Zuerst muß der Dampf in den Condensator gebracht werden, um diesen zu erwärmen und die Luft aus demselben, wie auch aus der Dampfkammer und aus den Dampfröhren, auszutreiben. Dieses erreicht man auf verschiedene Weise, je nachdem die Einrichtung, durch welche der Dampf aus dem Kessel in den Cylinder und aus diesem in den Condensator übertritt, anders beschaffen ist. Sowie die Einrich-

tung hier vorausgesetzt worden ist, muß der Maschinist (wenn der Kolben z. B. im höchsten Stande ist), nachdem er die Stange der excentrischen Scheibe pq aus dem Kniestück kl (Fig. 23 und 24) gehoben hat, auf das Gegengewicht n drücken, oder das Kniestück kl zurückschieben, um auf die eine oder die andere Weise die Schieberventile so weit niederzudrücken, daß die über der untern Dampföffnung gelegene Oeffnung des Condensators ganz aufgeschlossen wird und auf diese Weise mit der Dampfkammer in vollkommener Communication steht.

Der Dampf muß auf diese Weise in den Condensator fließen und wird durch die Berührung der kalten Wände dieses Raumes condensirt; nachdem jedoch diese Wände hinlänglich erwärmt worden sind, wird der Dampf das im Condensator befindliche Wasser in die Röhre Y'' Fig. 25 treiben; das Schnaubeventil Z'' (welches des luftdichten Verschlusses halber immer mit Wasser bedeckt ist, oder unter der Oberfläche des Wassers liegt) wird sich öffnen, und das Wasser, sowie die Luft, werden vom Dampfe aus dem Condensator getrieben. Ist die Luft aus den Röhren, aus der Dampfkammer und aus dem Condensator zum größten Theile ausgetrieben, dann wird der Dampf selbst das Schnaubeventil heben und mit einem schnaubenden Getöse aus dem Condensator entweichen, so daß man durch dasselbe die Anzeige erhält, daß die Luft ausgetrieben sei.

Werden nun die Schieberventile emporgezogen, so wird dadurch die Oeffnung nach dem Condensator in der Dampfkammer geschlossen; der im Condensator vorhandene Dampf wird durch Abkühlung condensirt, und es entsteht deßhalb im Condensator ein partiell luftleerer Raum, in welchen die im Cylinder unter dem Kolben befindliche Luft von selbst entweicht, wenn durch das Emporsteigen der Schieber die Com-

munication zwischen dem Condensator und dem untern Theile des Cylinders hergestellt wird. Diese Luft wird ferner ausgetrieben, wenn man gleich darauf unter den Kolben Dampf strömen und diesen Dampf wieder in den Condensator entweichen läßt, dabei jedoch das Dampfventil schließt, um zu verhindern, daß der über den Kolben strömende Dampf denselben nicht niedertreibe.

Man muß auch, ohne zuvor die Schieber ganz niederzuziehen, die Theile der Maschine auf die Weise erwärmen und von Luft reinigen können, daß man den Dampf sogleich in den Cylinder und von da in den Condensator rc. treten läßt, aber auf diese Weise bedarf es mehr Zeit und auch größerer Aufmerksamkeit, um zu verhindern, daß der Kolben nicht in Bewegung komme.

Ist die Maschine erwärmt und durch Wiederholung des oben beschriebenen Verfahrens von Luft gereinigt, so werden, um die Bewegung zu erzeugen, die Schieber (immer noch mittelst der Hand) gehoben; der Dampf streicht unter den Kolben; die Schieber werden niedergezogen und zu gleicher Zeit wird der Injectionshahn halb geöffnet, so daß der Dampf, indem er unter dem Kolben entweicht, im Condensator verdichtet werde, jedoch noch im geringern Grade, als einige Augenblicke nachher, nachdem der Injectionshahn auf die früher bestimmte Weise gestellt ist, und die Maschine sich in voller Bewegung befindet.

Indem der Kolben auf diese Weise von Unten einen geringern Druck erfährt, als von Oben durch den Dampf, welcher bei'm Niedergange der Schieber über denselben gelangt, so muß er in Bewegung kommen und langsam niederzusteigen beginnen. Meistens wird man jedoch bei'm Anfange der Bewegung das Schwungrad durch einen, oder durch zwei Arbeiter ein Wenig (z. B. durch einen Winkel von 45°)

müssen umführen lassen, um die Kurbel durch ihren unteren todten Punct zu führen und die Trägheit des Schwungrades zu überwinden. Es ist nicht möglich, daß die Trägheit der Theile einer Maschine durch die bewegende Kraft auf einmal überwunden werde, und daß die erforderliche Geschwindigkeit sogleich eintrete; die Geschwindigkeit der Bewegung des Kolbens und folglich auch diejenige des Schwungrades kann nur langsam erlangt werden, und da es überdies nicht rathsam ist, den Dampf mit voller Kraft auf den Kolben drücken zu lassen, um diese Trägheit zu überwinden (weil man nämlich die Schieber mittelst der Hand steuern muß, ehe das Schwungrad beinahe seinen Umschwung erlangt hat), so wird dann auch der Injectionshahn im Anfange der Bewegung nur halb geöffnet, um den Dampf nicht bis auf das gewöhnliche Maximum zu condensiren, sondern demselben noch einen beträchtlichen Theil seiner Spannung zu lassen. Man kann jedoch den Injectionshahn ganz öffnen, sobald sich in dem Dampfrohre ein Ventil befindet, welches aus der Hand gesteuert werden kann, und welches man dann im Anfange der Bewegung nur halb öffnet; es ist jedoch immer besser, im Anfange der Bewegung den Condensator nicht zu voll Wasser laufen zu lassen, und das erste Verfahren verdient demnach den Vorzug vor letzterem.

Wenn der Kolben beinahe niedergestiegen ist, wird sich das Schwungrad schon hinlänglich im Umschwunge befinden, um seine Bewegung fortzusetzen, wenn sich die Richtung der Kolbenbewegung verändert und die Kurbel ihren obersten todten Punct passirt; man öffnet alsdann den Injectionshahn noch ein Wenig und schiebt die Ventile langsam empor. Die Bewegung des Kolbens wird nun schneller werden, und indem man die Schieber stets emporschiebt,

nimmt man zugleich den Augenblick wahr, um die Ausrundung oder den Kragen der Stange pq der excentrischen Scheibe um den Hals des Kniestückes kl anschließen zu lassen; der Injectionshahn kann dann auf die bestimmte volle Oeffnung gestellt und die Maschine sich selbst überlassen werden, indem der Kolben sehr bald nach drei oder vier Zügen die nöthige Geschwindigkeit der Bewegung erlangen und bei derselben beharren wird, so lange man das Feuer unter dem Kessel regelmäßig unterhält.

Eine größere Geschwindigkeit des Kolbens, als von 1 bis 1,5 Ellen auf die Secunde ist für die Dauer der Maschine und für die gehörige Instandhaltung der bewegenden Theile nachtheilig und kann selbst gefährlich werden; diese Grenze überschreitet man sehr selten. Diese Geschwindigkeit hängt übrigens auch ab von Umständen und von der Länge des Kolbenzuges. Wenn nun der Zug des Kolbens einer Dampfmaschine gerade 1 Elle beträgt (und dieses läßt sich auf die Weise bestimmen, daß man die Länge der Kurbel aus dem Mittelpuncte der Welle des Schwungrades bis zum Mittelpuncte der Kurbelwarze mißt; denn das Doppelte dieser Länge ist gerade gleich dem Raume, welchen der Kolben durchläuft), und die Geschwindigkeit auch 1 Elle beträgt, so müssen in der Minute 60 Kolbenzüge stattfinden, während sich alsdann das Schwungrad in dieser Zeit 30mal umdreht.

Während die Maschine in Bewegung ist, muß der Maschinist beständig den Gang derselben genau beaufsichtigen. Er muß von Zeit zu Zeit die Hähne der Dampfkammer und des Cylinders öffnen, um das durch Condensation des Dampfes entstandene Wasser ablaufen zu lassen. Zugleich muß er auch dafür Sorge tragen, daß die Schmierbüchsen auf dem Cylinder gehörig mit Talg oder mit Wallrath

gefüllt seien, und daß die metallenen Lager, in welchen Achsen und Zapfen sich drehen, beständig in Fett oder in Oel erhalten werden.

Bringt es die Art der durch die Dampfmaschine zu verrichtenden Arbeit mit sich, daß der Gang derselben dann und wann auf einige Augenblicke verzögert werde, so hat der Maschinenaufseher weiter nichts zu thun, als den Injectionshahn und auch das Dampfventil ein Wenig zuzudrehen, wenn dieselben nämlich durch Handsteuerung bewegt werden, und dieses ist meistens der Fall, sobald es sich erforderlich macht, die Geschwindigkeit der Bewegung einer Dampfmaschine auf einige Augenblicke vermindern zu können.

Wenn man annimmt, daß die Maschine still steht und der Kolben sich in der Hälfte seines Zuges befindet, so ist es, für sich betrachtet, ganz einerlei, in welcher Richtung er sich zuerst fortbewegen soll, um die Maschine in Bewegung zu setzen; wenn aber z. B. sich das Schwungrad in der Richtung von Links nach Rechts umdreht, sobald der Kolben seine Bewegung von Unten nach Oben beginnt, so wird dieses Rad sich gerade in der entgegengesetzten Richtung umzudrehen anfangen, wenn der Kolben zuerst von Oben nach Unten bewegt wird. Die Richtung, in welcher die Umgangsbewegung des Schwungrades stattfindet, hängt deßhalb von der Richtung ab, in welcher der erste halbe Kolbenzug sich bewegt hat, vorausgesetzt dabei, daß der Kolben vor dem Anfange der Bewegung auf der Hälfte seines Zuges stand und der Maschinenbaum folglich eine horizontale Richtung hatte.

Hierauf muß der Maschinenaufseher achten, sobald die Dampfmaschine irgend einer andern Maschine Bewegung mittheilen soll, die immer in derselben Richtung stattfindet; denn das Schwungrad

muß sich dann immer in derselben Richtung umdrehen, und der Kolben muß zu Anfang der Bewegung den ersten Impuls von Seiten des Dampfes auch immer auf einer und derselben Seite erhalten. Aber dieselbe Beobachtung setzt den Maschinisten auch in den Stand, die Richtung der Kolbenbewegung plötzlich zu verändern, wenn die Art der zu verrichtenden Arbeit dieses entweder auf kurze Zeit, oder abwechselnd erfordern sollte (wie es z. B. der Fall ist, oder sein kann bei Dampfbooten, oder wenn die Maschine zur Grubenförderung dient, wobei das volle Gefäß auf- und das leere niedergeht und beide miteinander abwechseln. Denn angenommen, daß der Kolben emporsteige, daß das Schwungrad von Links nach Rechts sich umdrehe, und daß die Bewegung auf einmal umgekehrt werden müsse, so daß das Rad sich von Rechts nach Links umdrehen soll, so nimmt der Maschinenaufseher den Augenblick wahr, wo der Kolben, nachdem er seinen Zug vollbracht hat, wieder niedersteigen will und die obere Dampföffnung aufgeschlossen ist; er hebt die Stange der excentrischen Scheibe und schiebt die Schieber empor, so daß sie beide die Dampföffnungen vollkommen schließen. Der Dampf, welcher sich über dem Kolben befindet, muß dann durch Ausdehnung wirken und an Spannung stark abnehmen; obschon das Schwungrad durch seine Bewegung auch die Bewegung des Kolbens unterhält, so wird es doch durch die Entziehung des Dampfes schon viel von seiner Schwungkraft verlieren und sehr bald ganz und gar aufhören, sich umzudrehen, wenn die Schieber kurz nach ihrer Verschließung emporgeschoben werden und der Dampf erst nach und nach und dann mit voller Kraft unter den Kolben streicht, während derjenige über dem Kolben in den Condensator entweicht. Der Kolben wird dann ziemlich in der Mitte seines Zuges zur Ruhe

gelangen und sehr bald durch die Spannung des Dampfes, der ihn von Unten nach Oben treibt, zurückgeführt werden. Ist der Kragen der Stange pq der excentrischen Scheibe dann wieder um den Hals des Kniestückes kl gelegt, so wird die Bewegung in der entgegengesetzten Richtung fortdauern. Ist ein Dampfventil vorhanden, welches durch Handsteuerung bewegt wird (und welches auch dann ganz eigenthümlich den Namen Drosselventil führt), so wird es immer von Nutzen sein, dasselbe vor dem Verschließen der Dampföffnungen zuzudrehen, aber es auch wieder zu öffnen, wenn man den Dampf unter den Kolben treten läßt.

Wenn die Richtung der Bewegung des Schwungrades durch keine Umstände bestimmt wird, so dreht es sich immer von Links nach Rechts, wie in der Figur durch ein Pfeilchen angegeben ist. Man sagt alsdann, das Rad dreht sich vorwärts. Wenn der Umgang desselben von Rechts nach Links erfolgt, so dreht sich das Rad rückwärts.

Auf dieselbe Weise, wie man die Bewegung des Kolbens umkehrt, kann man auch verfahren, um bei'm Aufhören der Arbeit die Maschine aufzuhalten oder abzustellen; denn sobald der Kolben in der Mitte seines Laufes still steht, braucht man die Dampfklappe und den Injectionshahn nur zuzudrehen und die Ventile emporzuschieben, um den Dampf unter, oder über dem Kolben entweichen zu lassen und seine weitere Wirkung zu vernichten. Besser ist es jedoch, die Bewegung der Maschine langsam aufhören und den Umschwung des Schwungrades nach und nach abnehmen zu lassen. Man beginne für diesen Zweck damit, den Injectionshahn, wie auch die Dampfklappe halb zuzudrehen; dadurch wird die Geschwindigkeit schon bald abnehmen; der Injectionshahn kann alsdann gänzlich geschlossen und die

Stange der excentrischen Scheibe gehoben werden. Ist die Bewegung noch nicht ganz erloschen, so werden die Schieber mit der Hand aufgezogen oder niedergeschoben, um den Dampf unter oder über dem Kolben entweichen zu lassen und die weitere Bewegung des Kolbens durch einen Gegendruck zu hemmen. Sobald die Bewegung aufgehört hat, wird auch das Sicherheitsventil geöffnet, um den Dampf aus dem Kessel entweichen zu lassen, und das Feuer, welches man bereits früher schon schwächer unterhalten hat, wird dann zugleich ganz und gar gedämpft oder gelöscht.

Um unsere Vorstellung von einer doppeltwirkenden Niederdruck-Maschine noch vollständiger zu machen, als es zu geschehen möglich war, wollen wir mit Hülfe der Tafel VI. noch eine solche Maschine der größern Art, von 60 Pferdekräften, angefertigt von W. Fairbairn in Manchester, kurz beschreiben. Es ist Fig. 42 eine Seitenansicht der Maschine, nebst Längendurchschnitt des Cylinders der Luftpumpe ꝛc.

Fig. 43 ist eine Ansicht von dem einen Ende hinter dem Schiebergehäuse nebst Durchschnitt durch Condensator und Luftpumpe.

Fig. 44 endlich ist eine Ansicht von dem entgegengesetzten Ende der Maschine.

A, Dampfrohr zur Leitung der Dämpfe aus dem Kessel in den Cylinder, welches zur Verhütung der Abkühlung mit schlechten Wärmeleitern umgeben wird.

B, das mit dem Cylinder verbundene gußeiserne Schiebergehäuse, von wo aus der Dampf wechselsweise oberhalb und unterhalb des Kolbens strömt.

C, Dampfcylinder, worin sich der Kolben D auf- und niederbewegt. Derselbe ist unten durch den Boden oder Untersatz, oben aber durch einen aufgeschraubten Deckel F dampfdicht verschlossen; durch den letztern führt mittelst einer Stopfbüchse die Kol-

benstange. Die Schmiere wird durch den Hahn a, während der aufsteigenden Bewegung des Kolbens, in den Cylinder gebracht. Der Cylinderboden ist mit dem eisernen Maschinen-Untersatz durch Schraubenbolzen verbunden, und mit einer Oeffnung b für die Zu- und Abführung der Dämpfe unterhalb des Kolbens versehen.

G, Schieber von Gußeisen, wie bereits bemerkt, zum wechselsweisen Verschluß der Oeffnungen b und b' dienend.

H, Balancier; derselbe ruht in zwei mit dem Maschinengebälke verschraubten Zapfenlagern J und überträgt seine oscillirende Bewegung mittelst der Bläuistange I und des Krummzapfens K an die Betriebswelle L.

M, Schwungrad. N, excentrische Scheibe, deren Mittelpunct c fast in der verlängerten Richtung des Krummzapfens liegt. Die Richtung der Bewegung ist durch die Pfeile angedeutet.

O, Gestänge der excentrischen Scheibe, wodurch der Schieber G seine Bewegung erhält. Zu diesem Zwecke ist das äußerste Ende desselben durch den Arm F mit der horizontalen Achse g verbunden, deren Hebel h, welche mit dem Arm f rechte Winkel bilden und bei der Bewegung denselben Bogen beschreiben, mittelst der zwei senkrechten Stangen j die auf- und abgehende Bewegung des Schiebers veranlassen.

P, Condensator zur Aufnahme der im Cylinder wirksam gewesenen Dämpfe und des Condensationswassers, welches aus der Cisterne durch den Hahn k eingespritzt wird.

Q, Luftpumpe, um das Condensationswasser und die eingetretene Luft aus dem Condensator P in den Behälter R zu fördern.

S, der mit Hanf gedichtete Kolben dieser Pumpe,

dessen Stange, behufs der senkrechten Bewegung, mit dem Parallelogramm verbunden ist.

T, Ventilklappen von Metall zur wechselsweisen Abschließung und Verbindung der Luftpumpe mit dem Condensator P und dem Behälter R.

U, Druckpumpe oder Warmwasserpumpe, wodurch ein Theil des warmen Wassers aus dem Behälter R nach dem Speiseapparate oberhalb der Kessel gefördert wird.

V, Kaltwasserpumpe, welche das kalte Wasser in denjenigen Theil des kastenförmigen Maschinenuntersatzes ausgießt, worin Condensator und Luftpumpe stehen.

X, gußeisernes Rohr, wodurch das überflüssige warme Wasser aus dem Behälter R abgeführt wird.

X′, Rohr zur Abführung des überflüssigen Wassers aus dem Condensationsapparate.

Spiel der Maschine.

Ehe die Maschine in Gang gesetzt wird, muß im Cylinder ein luftverdünnter Raum erzeugt oder die Luft ausgeblasen werden. Zu diesem Zwecke wird das Gestänge O der excentrischen Scheibe bei e ausgehakt und dann mittelst des Handgriffs, womit einer der Hebel h versehen ist, dem Schieber G eine Bewegung auf- und abwärts ertheilt, so daß der Dampf sowohl oberhalb als unterhalb des Kolbens in den Cylinder treten kann, indem zu gleicher Zeit durch Oeffnen des Einspritzhahns k die Dämpfe condensirt werden. Gleichzeitig wird durch Mithülfe des Dampfes das Schwungrad gedreht und dadurch die Richtung der Bewegung bestimmt.

In den Zeichnungen auf Taf. VI. ist der Kolben im Heruntergehen begriffen; dagegen hat der Schieber bei seiner aufsteigenden Bewegung bereits eine solche Stellung angenommen, daß der durch das

Dampfrohr A in das Gehäuse eintretende Dampf durch die Oeffnung b' in den Cylinder C oberhalb des Kolbens strömen und denselben herabdrücken kann, während der Dampf unterhalb des Kolbens durch die Oeffnung b in den Condensator P gelangt. Indem der Kolben diese Bewegung abwärts macht, geht der Krummzapfen K aufwärts und dreht die Welle L in der Richtung des gezeichneten Pfeiles, wodurch das Gestänge O der excentrischen Scheibe veranlaßt wird, eine Bewegung von der Rechten zur Linken anzunehmen und den Schieber G so lange zu heben, bis der Mittelpunct c der excentrischen Scheibe in die horizontale Ebene durch die Achse L kommt, welches kurz darauf der Fall ist, wenn der Balancier eine wagerechte Lage angenommen hat. In dieser Stellung ist der Canal b' vollständig geöffnet. Hat der Kolben den tiefsten Stand erreicht, so liegen Krummzapfen und Bläulstange beinahe in einer geraden Linie; denn jener hat die Stellung Ld² und diese die Stellung l'd² angenommen. Ferner ist der Mittelpunct c der excentrischen Scheibe nunmehr in c'; das Ende des Gestänges derselben ist also, von der Linken zur Rechten sich bewegend, in die Stellung e', der Punct i in die Lage i' und dadurch folglich der Schieber so weit abwärts gebracht, daß nunmehr beide Oeffnungen b' und b vollständig geschlossen sind. In diesem Momente würde also die Bewegung aufhören, wenn nicht die Trägheit des Schwungrades und der übrigen bewegten Massen die Bewegung fortsetzte, wodurch das Gestänge O der excentrischen Scheibe wieder eine Bewegung von der Linken zur Rechten macht und dadurch den Schieber so weit abwärts bewegt, daß der Dampf durch die Oeffnung b in den Cylinder unterhalb des Kolbens treten, und dagegen der wirksam gewesene Dampf oberhalb desselben durch die Oeffnung b' und den inneren Theil des Schiebers G

in den Condensator entweichen kann. Diese niedersteigende Bewegung des Schiebers dauert so lange, bis der Kolben bei seiner Bewegung aufwärts den mittleren Stand wieder erreicht hat; ist dieser aber überschritten, so nimmt der Schieber eine entgegengesetzte Bewegung an und hat dann im höchsten Stande der Kolben beide Oeffnungen b und b' wieder vollständig verschlossen, so daß auch dann, wenn der Krummzapfen in die Lage Ld² gekommen ist, wieder ein Stillstand eintreten müßte, wenn nicht die Maschine, in Folge der Trägheit der bewegten Massen, ihre Bewegung noch fortsetzte.

Das Spiel der Pumpen bedarf keiner weiteren Erklärung, da dasselbe aus den Zeichnungen deutlich zu ersehen ist.

VII. Berechnung der Kraft oder des Nutzeffectes einer Niederdruck-Dampfmaschine.

Wenn die Quantität des Druckes bekannt ist, welche durch den Dampf auf jeden Quadratzoll der Oberfläche des Kolbens ausgeübt wird, so kann man den totalen Druck des Dampfes erfahren, wenn man den Druck auf den Quadratzoll mit dem Quadratinhalte der Kolbenoberfläche in Zollen multiplicirt. Von diesem Drucke muß jedoch ein beträchtlicher Theil, welcher erforderlich ist, um alle Statt findenden Widerstände zu überwinden, abgezogen werden. Die Differenz giebt dann an, welche Last der Dampf eigentlich tragen kann; und diese Differenz, multiplicirt mit der Geschwindigkeit des Kolbens, giebt die mechanische Kraft der Maschine in 1 Secunde; diese Kraft kann dann ferner auf diejenige reducirt werden, mit welcher man in der Mechanik die Kraft der Pferde gewöhnlich vergleicht, um zu erfahren, wie man zu sagen pflegt, wie viel Pferdekräfte die Maschine besitzt.

Der Grundsatz dieser Rechnung ist sehr einfach, aber die Rechnung selbst wird complicirter, wenn man, wie sich's gehört, auf alle Statt findenden Widerstände oder Verluste an Kraft Rücksicht nehmen will, deren Maß man mit keiner ausreichenden Sicherheit bestimmen kann.

Der Dampf, welcher im Cylinder auf den Kolben drückt, hat nicht dieselbe Spannung, wie im Kessel, denn im Dampfrohre und im Cylinder findet Abkühlung Statt. Der daraus entstehende Verlust wird auf folgende Weise geschätzt.

a) Verlust durch Abkühlung im Dampfrohre. Die Größe dieses Verlustes wird sehr annähernd durch die Formel angegeben

$$h = H \left(1 - 0{,}00005382 \frac{l\,(T - t)}{d \cdot s \cdot G}\right),$$

(siehe erste Abtheilung): in dieser Formel bezeichnet H die Höhe der Quecksilbersäule, welche der im Kessel befindliche Dampf zu tragen im Stande ist; l die Länge der Dampfröhre, d ihren Durchmesser, s die Geschwindigkeit, mit welcher der Dampf durch die Röhre strömt, T und t die Temperaturen des Dampfrohres und der umgebenden Luft, G die Schwere einer Kubikelle Dampf von der Spannung H, und h die Spannung des Dampfes nach Abzug des Verlustes, so daß der eigentliche Verlust ist

$$= 0{,}00005382 \cdot \frac{l\,(T - t)}{d \cdot s \cdot G} \cdot H.$$

Durch diese Formel erfährt man deßhalb in jedem besonderen Falle den approximativen Werth des Verlustes; da es uns jedoch hier nur um Durchschnittsresultate zu thun ist, so wollen wir annehmen, daß niedrig drückender Dampf höchstens (oder im Durchschnitte) mit einem Drucke von 3 Unzen auf den Quadratzoll den atmosphärischen Druck übersteigt,

so daß sein totaler Druck 1,333 niederländische Pfunde auf den Quadratzoll beträgt. H wird also = 99 Zoll; die Temperatur des Dampfes = 108 Grad, und G = 0,75 Pfund (siehe Tabelle II. am Ende der ersten Abtheilung). Die Temperatur T des Dampfrohres sei = 100°, diejenige der Luft t = 25°; im Durchschnitte nehme man $t = \frac{1}{8}$ D, oder, um auch die Zusammenziehung mit in Rechnung zu bringen $= \frac{11}{80}$ D (es bezeichnet nämlich D den Durchmesser des Dampfcylinders); die Geschwindigkeit s des Dampfes im Dampfrohre ist um so viel mal größer, als die Geschwindigkeit des Dampfkolbens, um wie viel mal die Oberfläche dieses letzteren größer ist, als die Oberfläche dieses Durchschnittes der Dampfröhre. Im gegenwärtigen Falle wird nun s = 20 S sein, und für S muß alsdann die wirkliche Geschwindigkeit des Kolbens gesetzt werden. Diese Geschwindigkeit hängt von Umständen ab und wird auch durch die Länge des Kolbenzuges bestimmt (erste Abth.); aber für die gegenwärtige Durchschnittsberechnung kann man für die mittlere Geschwindigkeit sicher 1 Elle annehmen, weßhalb s = 20 gesetzt werden muß. Die Länge l des Dampfrohres ist ganz und gar von örtlichen Umständen abhängig; man setze gleichwohl im Durchschnitte l = 10 D. Auf diese Weise wird nun die oben stehende Formel

$$0{,}00005382 \cdot \frac{10\,D\,(100 - 25)}{\frac{11}{80} \cdot D \cdot 20 \cdot 0{,}75} \cdot H$$

$$= 0{,}00005382 + \frac{50 \cdot 50}{11} \cdot H = 0{,}01225\ H$$

$$= \text{beinahe } \frac{1}{80}\ H.$$

Auf diese Weise kann man dann annehmen, daß im Durchschnitte $\frac{1}{80}$ der ursprünglichen Dampfspannung wegen Abkühlung des Dampfes in der Dampfröhre verloren geht; jedoch ist die Quantität dieses

Verlustes manchmal größer, wenn die Bewegung des Dampfes sehr behindert wird durch partielle Verschließung der Röhre mittelst der Dampfklappe, die eben das Zuströmen des Dampfes in den Cylinder, d. h. die Geschwindigkeit des Kolbens, reguliren soll.

b) **Verlust durch Abkühlung im Cylinder.** Dieser Verlust ist

$$= 0{,}00002691 \cdot \frac{(L + \frac{1}{2} D)\,(T - t)}{D \cdot S \cdot G} \cdot H,$$

es bezeichnet L die Länge des Cylinders und S die Geschwindigkeit des Kolbens. Setzt man nun den mittlern Werth von $L = 2{,}3\,D$ (wiewohl die Länge des Cylinders häufig von der Oertlichkeit, von dem zu erreichenden Zwecke, wie auch von anderen Umständen abhängt), und $S = 1$; T, t und G übrigens wie oben, so wird dieser Verlust

$$= 0{,}00002691 \cdot 2{,}8 \cdot 100 \cdot H = 0{,}0076\ H$$
$$= \text{beinahe } \tfrac{1}{132}\ H;$$

weßhalb durch Abkühlung des Dampfes in den Röhren und in dem Cylinder verloren geht $\frac{1}{80} + \frac{1}{132}$ = beinahe $\frac{1}{50}$ der ursprünglichen Dampfspannung. In den günstigsten Fällen kann jedoch dieser Verlust noch größer sein.

Wenn die Temperatur des Dampfes größer oder kleiner als 108° ist, so vermehrt oder vermindert sich dadurch auch der Werth des gefundenen Verlustes; da jedoch die Temperatur für niederen Dampfdruck zwischen 106 und 110° beträgt, so wird der genannte Verlust als ein Durchschnittsresultat in der Folge als unveränderlich angenommen.

Außer den Widerständen, welche die Theile der Maschine darbieten und welche durch die Kraft überwunden werden müssen, ehe ein Nutzeffect Statt finden kann, muß auch noch abgezogen werden vom wirklichen Dampfdrucke:

1) Der Druck, welcher erforderlich ist, um die nöthige Geschwindigkeit der Bewegung zu erzeugen, und

2) der Widerstand des nicht condensirten Dampfes.

a) Kraft, welche erforderlich ist, um die nöthige Geschwindigkeit der Bewegung zu erzeugen. Wenn die Spannungen des Dampfes im Kessel und im Cylinder ausgedrückt werden durch H und h, so kann die wahrscheinliche oder mittlere Geschwindigkeit des Kolbens ausgedrückt werden durch die Formel:

$$S = 16{,}333 \left(\frac{n-1}{n}\right)\frac{d^2}{D^2}\sqrt{V\,(H-h)},$$

in welcher $\frac{n-1}{n}$ bezeichnet denjenigen Theil der ursprünglichen Geschwindigkeit, welcher nach Abzug des Zusammenziehens u. s. w. übrig bleibt; d und D bezeichnen die Durchmesser des Dampfrohres und des Cylinders, V das Volumen des Dampfes von der Spannung H. Aus dieser Formel folgt nun

$$h = H - \left(\frac{n}{n-1}\right)^2 \frac{D^4 \cdot S^2}{(16{,}333)^2 \cdot V \cdot d^4} = \left(1 - \left(\frac{n}{n-1}\right)^2 \frac{D^4 \cdot S^2}{(16{,}333)^2 \cdot d^4 \cdot V \cdot H}\right)H;$$

weßhalb der eigentliche Verlust an Dampfdruck bestimmt wird durch die Formel

$$\left(\frac{n}{n-1}\right)^2 \frac{D^4 \cdot S^2}{(16{,}333)^2 \cdot d^4 \cdot V \cdot H}.$$

Um $\frac{n}{n-1}$, d. i. das Umgekehrte von $\frac{n-1}{n} = 1 - \frac{1}{n}$ zu bestimmen, hat man

1) die Zusammenziehung des Dampfes bei'm Eintritte desselben in's Dampfrohr, wodurch die ursprüng-

liche Geschwindigkeit, wenn man dieselbe = 1 setzt, werden muß = 0,813.

2) Verlust an Geschwindigkeit in der Ecke oder der Biegung des stehenden Stückes der Dampfröhre; durch diesen Verlust wird die Geschwindigkeit = 0,983, wenn der Dampf mit der Geschwindigkeit 1 eintritt, und = 0,8, wenn die Strömung des Dampfes in der genannten Biegung mit der Geschwindigkeit = 0,813 von Statten geht.

3) Bei'm Durchgange durch denjenigen Theil des Dampfrohres, in welchem die Dampfklappe angebracht ist, erfährt der Dampf wiederum eine Zusammenziehung, welche sich, je nach der größeren oder geringeren Oeffnung dieser Klappe, verändert, welche jedoch wenigstens wieder reducirt wird bis auf 0,813 der bestehenden Geschwindigkeit, so daß sie wird = 0,8 $\times$ 0,813 = 0,65.

4) Endlich — um die Zusammenziehung bei'm Eintritt in die Dampfkammer ganz unberücksichtigt zu lassen — findet noch eine Zusammenziehung bei'm Eintritt in den Cylinder Statt, die veränderlich ist, weil sich die Dampföffnungen durch die Bewegung der Schieber beständig verändern. Diese Zusammenziehung wird wohl nicht viel weniger, als 0,78 betragen, weßhalb die Geschwindigkeit 0,65 dadurch reducirt wird auf 0,507 = beinahe 0,5 oder $\frac{1}{2}$. Würde sich das Dampfrohr mit noch mehr Biegungen und Kniestücken fortsetzen, so müßte dadurch die Abnahme der Geschwindigkeit noch größer werden.

Wenn alsdann $\frac{n-1}{n} = 0,5$ ist, so wird $\frac{n}{n-1} = 2$.

Man setze ferner den Durchmesser d des Dampfrohres = $\frac{1}{5}$ D, so wird $D^4 : d^4 = 5^4 = 625$.

Ferner muß H der Spannung des Dampfes im Kessel nach Abzug des Verlustes, den die Abkühlung in den Röhren verursacht, gleich gesetzt werden, d. i. $= (1 - \frac{1}{80})$ H $= \frac{79}{80}$ H, und wenn H also gleich ist 0,99 Ellen, so wird $\frac{79}{80}$ H $= 0,9776$, womit V $= 1350$ übereinstimmen wird.

Die Geschwindigkeit erfährt noch eine Verminderung durch die Reibung der Dampftheile an der Wandung der Dampfröhre; aber dieser Widerstand kann nicht in Rechnung gebracht werden; auch kann dieser Widerstand in den Berechnungen, die immer noch bloß rohe Annäherungen sind, sicher verwahrlos't werden.

Wenn man also diese Werthe in die oben stehende Formel überträgt, so wird man für den verhältnißmäßigen Theil der Kraft, welcher zur Erzeugung der Geschwindigkeit erfordert wird, bekommen:

$$2^2 \cdot \frac{625 \cdot S^2}{(16,333)^2 \cdot 1350 \cdot 0,9776}$$

$$= \frac{50 \cdot S^2}{266,767 \cdot 26,4} = 0,0071\ S^2.$$

Wenn der Kolben bewegt wird, so muß der Dampf, welcher an der andern Seite einen Gegendruck ausübt (und der im Durchschnitte mit dem Dampfe im Condensator eine gleiche Spannung hat) durch die Dampföffnungen und durch die in den Condensator leitenden Canäle getrieben werden; dazu ist Kraft erforderlich. Diese Kraft ist wenig geringer, als die so eben gefundene, weil im Allgemeinen nur eine Zusammenziehung weniger Statt findet, indem in der nach dem Condensator leitenden Röhre kein Ventil oder keine Dampfklappe vorhanden ist, wie es im Dampfrohre der Fall ist. Wegen dieser Zusammenziehung weniger wird die erforderliche Kraft bei-

nahe = 0,0058 S^2; und addirt man dieses zu dem Vorhergehenden, so wird die totale Kraft beinahe

$$= 0{,}013\ S^2$$

von der ursprünglichen Kraft. Für die verschiedenen Geschwindigkeiten, mit welchen der Kolben bewegt werden kann, ist die Quantität dieser Kraft berechnet, und die Resultate sind in folgender Tabelle zusammengestellt.

Geschwindigkeit in niederl. Ellen.	Theil der ursprünglichen Kraft, welche erforderlich ist, um diese Geschwindigkeit zu erzeugen.
0,5 . . .	0,00325 oder beinahe $\frac{1}{307}$
0,6 . . .	0,00448 „ „ $\frac{1}{223}$
0,7 . . .	0,00637 „ „ $\frac{1}{157}$
0,8 . . .	0,00832 „ „ $\frac{1}{120}$
0,9 . . .	0,01053 „ „ $\frac{1}{95}$
1,0 . . .	0,01300 „ „ $\frac{1}{77}$
1,1 . . .	0,01573 „ „ $\frac{1}{63}$
1,2 . . .	0,01872 „ „ $\frac{1}{54}$
1,3 . . .	0,02107 „ „ $\frac{1}{46}$
1,4 . . .	0,02548 „ „ $\frac{1}{39}$
1,5 . . .	0,02925 „ „ $\frac{1}{34}$
Mittlere Geschwindigkeit 1 Elle.	0,014 = beinahe $\frac{1}{70}$.

Diese Tabelle kann unter Anderm dazu dienen, um ganz einfach zu berechnen, welche höhere Dampfspannung erforderlich ist, um einen Dampfkolben mit einer größern, als der angenommenen Geschwindigkeit, zu bewegen, auch kann man daraus ersehen, welcher beträchtliche Theil der Kraft oder Spannung in Folge der bestehenden Zusammenziehungen und Widerstände, die der Dampf in den Röhren erfährt, verloren geht; denn wenn diese Zusammenziehungen und Widerstände nicht vorhanden wären, so würde

der nöthige Theil der Kraft zur Hervorbringung der Geschwindigkeit nur $\frac{1}{200}$ der ursprünglichen Kraft im Durchschnitte betragen können, während dieser Theil nun auf $\frac{1}{70}$ bestimmt ist. Es ist deßhalb äußerst wichtig, daß die Dampfröhre so wenig als möglich Behinderungen enthalte, und daß man ohne Noth keine Dampfklappe in derselben anbringe. Uebrigens wird hier der mittlere Verlust von $\frac{1}{70}$ sowohl für Maschinen mit einem großen, als für solche mit einem mittelmäßigen Kolbenzuge angenommen; denn die größere Geschwindigkeit, welche die Kolben großer Maschinen vor denen kleinerer Maschinen voraus haben, hängt weniger von einem größern ausgeübten Dampfdruck, als vielmehr von der größeren Länge des Kolbenzuges ab und nimmt also nicht viel mehr Kraft in Anspruch.

Addirt man den Verlust von $\frac{1}{80}$ der ursprünglichen Spannung zu dem so eben gefundenen Verluste von $\frac{1}{70}$, so erhält man einen Totalverlust von $\frac{1}{29}$, woraus dann folgt, daß, wenn die Dampfspannung im Kessel $= 1$ ist, die Spannung oder der Druck im Cylinder ausgedrückt werden könne durch $\frac{28}{29}$. Dieses findet jedoch nur Statt unter den günstigsten Umständen, wenn nämlich die Abkühlung durch keine anwesende Luftströmungen vergrößert wird, wenn die Dampfklappe ganz geöffnet ist, wenn das Einstreichen des Dampfes in den Cylinder regelmäßig und beständig in demselben Maße erfolgt u. s. w. Die gleichzeitige Erfüllung dieser Bedingungen findet selten in der Praxis Statt, so daß der Druck des Dampfes im Cylinder, den wir eben zu $\frac{28}{29}$ des Dampfdruckes im Kessel angenommen haben, manchmal nur $\frac{22}{29}$ bis $\frac{23}{29}$ dieses Druckes beträgt. Es soll hierüber sogleich näher gehandelt werden.

Widerstand des nicht condensirten Dampfes. Die Condensation des Dampfes kann

in Dampfmaschinen von niederem Drucke für sehr vollkommen gelten, wenn sie bis auf eine Temperatur von 40° gebracht wird. Der Dampf im Condensator behält alsdann noch eine Spannung, um einer Quecksilbersäule von 5 niederländischen Zollen Höhe das Gleichgewicht zu halten. Es fehlt indessen viel daran, daß der Dampf im Cylinder während des ganzes Kolbenzuges eine gleiche Spannung ausübt; denn zu Anfang der Dampfströmung ist das Schieberventil nur wenig aufgezogen, und die Dampföffnung folglich sehr eng; der Dampf wirkt im Anfange seines Ausströmens mit seiner vollen Spannkraft dem Kolben entgegen, gleich einer Feder, die sich ausspannen will; und erst, wenn die Dampföffnung am größten geworden ist, kann man annehmen, daß der genannte Dampf die Spannung besitzt und behält, welche er im Condensator hat. Hierdurch nun hat die Quecksilbersäule, welche den nicht condensirten Dampf im Cylinder tragen kann, häufig wenigstens eine mittlere Höhe von reichlich 12 Zollen, und der Widerstand dieses Dampfes beträgt also $\frac{1}{8}$ der ursprünglichen Kraft (da angenommen ist, daß der Dampf im Kessel eine Quecksilbersäule von 99 Zoll tragen kann).

Wenn man deßhalb den oben gefundenen Verlust von $\frac{1}{29}$ zu dem soeben gefundenen Verluste von $\frac{1}{8}$ hinzuaddirt, so wird der ganze Verlust $\frac{4}{25}$, so daß der eigentliche Druck des Dampfes auf den Kolben alsdann im allergünstigsten Falle $\frac{21}{25}$ des ursprünglichen Dampfdruckes betragen wird.

Um nun ferner den Nutzeffect des Dampfes auf den Kolben zu bestimmen, muß noch vom Dampfdrucke der Theil abgezogen werden, welcher erforderlich ist, um die Widerstände zu überwinden, welche die Theile der Maschine während der Bewegung darbieten, und diese Widerstände sind folgende:

1) Der Widerstand der Reibung des Dampfkolbens an der inneren Seite des Cylinders, und derjenige seiner Stange in der sogenannten Hanfliederung der Stopfbüchse, durch welche sie läuft.

2) Die erforderliche Kraft, um die Luftpumpe in Thätigkeit zu setzen.

3) Die erforderliche Kraft, um die Kaltwasser- und Speisepumpe in Thätigkeit zu setzen.

4) Der Widerstand der Reibung der Achse oder der Zapfen des Balanciers u. s. w.

5) Der Widerstand der Reibung der Zapfen der Schwungradsachse.

6) Der Widerstand der Reibung der Schieberventile.

Allein die Widerstände der Reibung finden sowohl bei dem Aufgange, als bei dem Niedergange des Kolbens in demselben Maße Statt und sind deßhalb unveränderlich; aber der Widerstand der Pumpen ist verschieden, je nachdem nämlich ihre Kolben auf- oder niedergehen. Um den mittleren Widerstand derselben zu berechnen, bestimmt man besonders, wie groß ihr Widerstand bei'm Auf- und bei'm Niedergange ist, und die Summe dieser Widerstände, reducirt auf den Hebelarm des Dampfkolbens und mit 2 dividirt, giebt den mittleren Widerstand, welcher, wie man annehmen kann, bei jedem einzelnen Kolbenzuge Statt findet. Der Dampfdruck selbst ist auch bei'm Aufgange des Kolbens nicht derselbe, wie bei'm Niedergange; denn bei'm Niedergange des Kolbens drückt der Dampf nur auf eine Oberfläche, welche derjenigen des Kolbens gleich ist, minus der Oberfläche des Durchschnittes der Kolbenstange, und da dieser Durchschnitt nach einer mittleren Annahme den hundertsten Theil von der Oberfläche des Kolbens

beträgt, so beträgt der Dampfdruck bei dem Niedergange des Kolbens im Durchschnitt $\frac{1}{100}$ weniger, als bei seinem Aufgange. Im Durchschnitte muß also der ganze Druck des Dampfes auf den Kolben um $\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{100} = \frac{1}{200}$ vermindert werden, aber diese Verminderung ist meistentheils unbedeutend und kann vernachlässigt werden.

Die Art und Weise, wie man sonach den mittleren Betrag der Statt findenden veränderlichen Widerstände bestimmt, gewährt den Vortheil, daß die Schwere aller derjenigen Maschinentheile, welche auf- und niederbewegt werden, ganz aus der Berechnung wegbleiben kann; denn um wie viel z. B. der Kolben durch seine Schwere einen Widerstand der Bewegung während seines Hubes abgiebt, um so viel erleichtert er eigentlich die Kraft durch sein Niedersteigen, und man kann, ohne sehr zu irren, annehmen, daß das Schwungrad dadurch in dem einen Augenblicke so viel in Umschwung gesetzt wird, als nöthig ist, um die Bewegung im andern Augenblicke nicht versiegen zu lassen, wenn auch der Fall nicht Statt finden sollte, daß die Schwere der Theile, die auf beiden Seiten der Zapfen oder der Gelenkbolzen des Maschinenbaumes hängen, einander ziemlich genau balancirten, wodurch schon die Regelmäßigkeit der Bewegung, ohne ein Schwungrad anzuwenden, nicht sehr bemerklich unterbrochen werden könnte.

Um nun die oben angeführten Widerstände (von denen einige, wie z. B. die Reibungen, auch einigermaßen von der Geschwindigkeit der Bewegung abhängen) zu berechnen, ist es nöthig, daß man die richtigen Dimensionen der Theile kenne, welche die Widerstände darbieten, oder von deren Größe das Maß dieser Widerstände abhängt. Diese Dimensionen, welche in der dritten Abtheilung dieses Theiles bestimmt werden sollen, könnten hier zwar im Vor-

aus angegeben werden, aber wegen der Weitläuftigkeit der hierzu nöthigen Berechnungen wollen wir der Kürze halber jetzt nur die Resultate und zwar nur die Durchschnittsresultate derselben mittheilen, während sie am gehörigen Orte in der erwähnten dritten Abtheilung angestellt werden sollen, damit man sich von der völligen Genauigkeit der unten folgenden Resultate (so weit nämlich diese Genauigkeit bei dem Zustande unserer Kenntnisse zu erreichen steht) überzeugen könne.

Für kleine Maschinen, die einen Kolben von 10 bis 25 niederländischen Zollen Durchmesser haben, kann die Summe der Widerstände $\frac{9}{25}$ bis $\frac{7}{25}$ der ursprünglichen totalen Kraft betragen; dagegen bei Maschinen von 70 bis 100 Zoll Durchmesser und noch darüber können dieselben Widerstände $\frac{6}{25}$ der ganzen Kraft betragen.

Addirt man zu diesen Widerständen $\frac{4}{25}$ Verlust an Dampfkraft, so kann

1) bei kleinen Maschinen der Totalverlust betragen $\frac{11}{25}$ bis $\frac{13}{25}$ und also ziemlich die Hälfte der ursprünglichen Kraft.

2) Bei mittelmäßigen und größeren Maschinen wird indessen der erwähnte Verlust nur bis auf $\frac{10}{25}$ oder $\frac{2}{5}$ der ursprünglichen Kraft sich erstrecken.

Wenn deßhalb die ursprüngliche Dampfspannung auf den niederländischen Quadratzoll = 1,333 niederl. Pfund ist, so wird der eigentliche **nützliche Dampfdruck** auf den Kolben für den Quadratzoll betragen:

1) Bei kleinen Maschinen 0,666 niederl. Pfunde.

2) Bei mittelmäßigen und bei großen Maschinen 0,8 bis 0,84 niederl. Pfunde.

Es fehlt jedoch noch viel daran, daß man diese Werthe des nützlichen Dampfdruckes in der Praxis

so voll annehmen könnte, als sie hier angegeben sind; denn

1) wird der Dampf den angegebenen Druck auf den Kolben nur ausüben können, wenn die Maschine von der vollkommensten Construction ist.

2) Finden die Drucke nur Statt, wenn der Dampf regelmäßig und immer in derselben Quantität, oder vielmehr immer in solcher Quantität in den Cylinder treten kann, daß er den Cylinder stets forttreibt, ohne eine Veränderung in der Dichtigkeit und Spannung zu erfahren. Aber sowohl die Construction der Schieber oder Dampfventile, als auch die gleichförmige Bewegung des Dampfkolbens, und auch der Umstand, daß die Dampföffnungen bereits vor dem Ende des Kolbenlaufes geschlossen sein müssen, bewirken, daß der Dampf keineswegs regelmäßig einströmt, sondern seine Dichtigkeit im Cylinder unaufhörlich verändert. Der Dampf wirkt auch in solchen Maschinen, die nicht mittelst Ausdehnung des Dampfes arbeiten, keineswegs während des ganzes Kolbenlaufes unveränderlich mit vollem Drucke; denn hauptsächlich am Ende des Laufes findet eine merkliche Veränderung in der Dichtigkeit des Dampfes Statt, und dadurch auch eine Verminderung in seiner Spannung oder im Drucke, den er ausübt.

3) Der Widerstand des nicht condensirten Dampfes kann aus demselben Grunde auch größer sein, als oben vorausgesetzt worden ist.

4) Auch geben die oben mitgetheilten Zahlen nur den mittleren und den höchsten Dampfdruck an, so daß, wenn die Last vollkommen nach diesem Drucke abgemessen ist, die Maschine auch mit ihrer größten Kraft wirken wird, um diese Last zu bewegen, dann aber wenig darüber zu leisten vermag. Man darf indessen keine Maschine immer dergestalt arbeiten lassen, daß die bewegliche Kraft unaufhörlich auf's Höchste

gesteigert wird. Jede Maschine, besonders aber eine Dampfmaschine, muß deßhalb so eingerichtet sein, oder so arbeiten, daß sie nicht **überladen** ist, sondern eine geringere Kraft ausübt, als sie im äußersten Falle auszuüben vermag. Es unterliegt dann keinem Zweifel, daß die Maschine die verlangte Arbeit verrichten kann; man besitzt auch dann in der Maschine ein gewisses Uebermaß von Kraft, über welche man in vorkommenden Fällen immer mit Nutzen verfügen kann, z. B. um eine Zeit lang eine größere Last bewegen zu lassen, oder um den Effect der Maschine nicht geringer werden zu lassen, wenn der Zustand einiger Theile derselben wandelbar wird, und man die Erneuerung oder Herstellung derselben noch einige Zeit lang aussetzen muß; oder um für die Bewegung einiger leichteren Maschinen Kraft im Vorrathe zu haben u. s. w.

Aus diesen Gründen pflegt man bei der Berechnung der Kraft der Dampfmaschinen anzunehmen, daß, wenn der Dampf im Kessel eine äußerste Spannung von 1,333 Pfund auf den niederl. Quadratzoll haben soll, so daß er im Cylinder nur einen Druck von $\frac{21}{25} \times 1{,}333 = 1{,}12$ Pfund auf den Quadratzoll ausübt, derselbe dann entweder durch schwächere Unterhaltung des Feuers, oder (und dieses zwar am meisten) durch die Verengerung des Dampfrohres mittelst der Dampfklappe im Cylinder eine um so viel geringere Dichtigkeit und Spannung besitze, daß der **nützliche Druck**, statt im Durchschnitt 0,75 Pfund auf den Quadratzoll zu betragen, nur 0,51 Pfund im Durchschnitt ausmache, damit die Maschine, wie man dieses zu nennen pflegt, nicht überladen sei. Man kann also die Maschine nicht allein mit ihrem größten Effect oder ihrer höchsten Kraft arbeiten lassen, sondern auch mittelst derselben im Durchschnitte **halb so viel mechanische Kraft**

ausüben, als sie nominell gewöhnlich auszuüben im Stande sein soll, unter der Voraussetzung, daß alle Theile gut verfertigt sind, mit der größten Genauigkeit arbeiten und im guten Stande erhalten werden; daß auch ferner die Dampföffnungen nicht nach und nach, sondern soviel wie möglich mit einem Male geöffnet und geschlossen werden können.

Da die Widerstände, die aus Reibungen und anderen Ursachen entspringen, in kleinen Maschinen verhältnißmäßig größer sind, als in großen, so ist auch der nützliche Druck oder der Nutzeffect kleiner Maschinen verhältnißmäßig kleiner, als derjenige großer Maschinen. In Bezug auf das Maß des nützlichen Druckes in Maschinen von verschiedener Größe kann man die Zahlen annehmen, die in folgender Tabelle angegeben sind, und die mit den Beobachtungen und den angenommenen Bestimmungen übereintreffen, wie sie auch aus den oben erwähnten Berechnungen hervorgehen.

Wenn der Durchmesser des Cylinders beträgt	so kann der mittlere Druck des Dampfes auf den niederl. Quadratzoll nach Abzug aller Verluste und Widerstände nicht viel größer angenommen werden, als
10 Zoll	0,450 Pf.
15 —	0,470 —
20 —	0,486 —
25 —	0,500 —
30 —	0,508 —
40 —	0,520 —
50 —	0,528 —
75 —	0,536 —
100 —	0,540 —
130 —	0,544 —

dieses beträgt im Durchschnitt auf den Quadratzoll 0,51 Pfund, oder reichlich $\frac{3}{4}$ des ursprünglichen größten Dampfdruckes.

Wenn man den Druck des Dampfes auf den Kolben mit seiner Geschwindigkeit multiplicirt, so bekommt man die Quantität der Wirkung, welche in einer Secunde geleistet wird; diese Quantität 60mal genommen, giebt die Quantität der Wirkung in einer Minute, und dividirt man diese Zahl mit 4556 (d. h. derjenigen Quantität der Wirkung, welche man in der Mechanik für die Kraft eines Pferdes annimmt), so erfährt man durch den Quotienten das Vermögen der Maschine in Pferdekräften. Wenn deßhalb der Durchmesser des Cylinders einer Maschine zu D Zollen angenommen wird, so ist die Oberfläche des Kolbens = 0,7854 D^2 Quadratzolle; und wenn der nützliche Druck des Dampfes p niederländische Pfunde auf den Quadratzoll beträgt, so beträgt der totale Druck, welcher durch die Maschine übergetragen werden kann, 0,7854 $D^2 \cdot p$ Pfunde; ist die Geschwindigkeit alsdann = S, so wird das Vermögen der Maschine in Pferdekräften:

$$P = \frac{0{,}7854 \cdot D^2 \cdot p \cdot S \cdot 60}{4556} = 0{,}010343 \cdot D^2 p \cdot S \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1).$$

Wenn man eine Maschine während ihrer Bewegung beobachtet, so muß man, um die Geschwindigkeit der Bewegung zu finden, die Länge des Kolbenzuges messen (und diese Länge ist gleich der doppelten Länge der Kurbel, gemessen aus dem Mittelpuncte der Kurbelwarze bis zum Mittelpuncte der Schwungradswelle) und die Anzahl der Kolbenzüge in der Minute mehrmals beobachten. Ist dann die Länge des Kolbenzuges = l und die Anzahl der einzelnen Kolbenzüge in der Minute = m, so legt der Kolben in einer Minute einen Weg zurück von lm Ellen (vorausgesetzt, daß die Größe l in Ellen gegeben sei), und die Geschwindigkeit wird alsdann

$=\frac{l m}{60}$, weßhalb das Vermögen der Maschine in Pferdekräften betragen muß

$$0{,}010343 \cdot D^2 \cdot p \cdot \frac{l\,m}{60} = 0{,}0001724 \cdot D^2\,p \cdot l \cdot m \quad \ldots \quad (2).$$

Aus diesen Formeln kann man umgekehrt die beiden folgenden ableiten, durch welche, wenn das Vermögen der Maschine in Pferdekräften, die Geschwindigkeit des Kolbens und der nützliche Druck des Dampfes auf den Quadratzoll gegeben ist, der Durchmesser des Dampfcylinders bestimmt werden kann, nämlich

$$D = 9{,}8328 \sqrt{\frac{P}{p \cdot S}} \quad \ldots \quad (3)$$

oder

$$D = 76{,}1612 \sqrt{\frac{P}{l\,m}} \quad \ldots \quad (4).$$

Bei allen diesen Berechnungen wird stillschweigend vorausgesetzt, daß der Kolben eine regelmäßige Bewegung habe, oder daß die Geschwindigkeit S gleichförmig sei; die Geschwindigkeit kommt jedoch in den oben stehenden Formeln nur als eine Durchschnittsgröße vor, denn sie kann durchaus nicht regelmäßig sein. Bei'm Schwungrade kann man jedoch vermöge seiner Wirkung annehmen, und es ist auch vom höchsten Belang, daß dasselbe eine gleichförmige umdrehende Bewegung besitze; die Kurbel muß folglich auch jeden Theil des Kreises, den sie beschreibt, in gleichen Zeittheilen durchlaufen; aber wenn dieses Statt findet, ist auch die geradlinige Bewegung des Kolbens unregelmäßig. Man kann sich hiervon mittelst einer Figur überzeugen, indem man nämlich den Radius, oder die Länge der Kurbel in 10 oder 12

Stellungen zeichnet, die sämmtlich gleiche Winkel von 18° oder 15° mit einander bilden, und indem man alsdann (wenn der Mittelpunct des Maschinenbaumes, seine Länge und diejenige der Kolbenstange gegeben sind) zu erforschen sucht, welches die entsprechenden Stände des Dampfkolbens in seiner Richtung der Bewegung sein müssen. Man wird alsdann finden, daß der Kolben zu Anfang und zu Ende seines Laufes viel langsamer bewegt werden muß, als in der Mitte dieses Laufes, wenn sich die Kurbel immer mit derselben Geschwindigkeit herumdrehen soll. Man darf indessen diese ungleichförmige Bewegung des Kolbens keineswegs als ein Gebrechen oder als eine Unvollkommenheit der mechanischen Zusammensetzung betrachten; denn (wie in der Folge noch näher gezeigt werden soll) diese ungleichförmige Bewegung des Kolbens ist für die regelmäßige und sanfte Bewegung der ganzen Maschine ein nothwendiges Erforderniß, und das oben Gesagte hat nur den Zweck, zu erläutern, daß man hier unter Geschwindigkeit allein die mittlere Bewegung und keineswegs die regelmäßige Bewegung des Dampfkolbens zu verstehen habe.

Wenn man für Durchschnittsberechnungen annimmt, daß der nützliche Dampfdruck auf den Quadratzoll 0,51 niederl. Pfunde und die Geschwindigkeit 1 Elle beträgt, so werden die Formeln (1) und (3)

$$P = 0{,}005275\ D^2 = \text{beinahe}\ \frac{D^2}{189} \quad . \quad . \quad . \quad . \ (5)$$

$$D = 13{,}766\ \sqrt{P} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \ (6).$$

Nach dieser letzten Formel muß der Cylinder einer Dampfmaschine einen Durchmesser haben von 13,766 niederl. Zollen für eine Maschine von, wie man zu sagen pflegt, einer Pferdekraft. Die Ma-

schine wird vier Pferdekräfte besitzen, wenn sie einen Cylinder von 27,532 Zoll Durchmesser hat; und 100 Pferdekräfte, wenn der Cylinder einen Durchmesser von 137,66 Zoll Durchmesser besitzt. Da jedoch die Größe des nützlichen Druckes etwas anders berechnet werden muß, je nachdem der Durchmesser des Kolbens größer oder kleiner ist, und da auch die Geschwindigkeit mit der Länge des Kolbenzuges etwas zunimmt, so kann die Formel (5) oder (6) nicht in jedem besondern Falle benutzt werden; man muß alsdann seine Zuflucht zu folgender Tabelle nehmen, in welcher die Weite der Cylinder von Dampfmaschinen von 1 bis zu 200 Pferdekräften genau angegeben sind. Die in dieser Tabelle angegebenen Geschwindigkeiten des Dampfkolbens für die Minute sind soviel möglich aus Beobachtungen aufgestellter Dampfmaschinen, die in Fabriken zum Wasserheben benutzt wurden, abgeleitet und übrigens der mittlern Länge des Kolbenzuges entsprechend bestimmt worden; weßhalb, wenn bei einer Maschine von gegebenem Durchmesser die Geschwindigkeit anders sein sollte, als man sie in der Tabelle angegeben findet, das Vermögen oder die Kraft dieser Maschine auch nicht in dieser Tabelle ausgedrückt ist, sondern durch die Formel (1) und nach den obigen Angaben ausgemittelt werden muß.

Die in dieser Tabelle nach niederl. Zollen bestimmten Durchmesser der Cylinder sind, wenn es nicht zu weit von der Wahrheit sich entfernte, in ganzen und halben Zollen angegeben, während übrigens da, wo die Bruchtheile der Zolle mehr oder weniger, als 5 Linien betrugen, die nächstfolgende größte Zahl ganzer Linien genommen ist, um die Brüche von Linien, auf welche es in der Praxis keineswegs ankommt (ja nicht einmal auf 1 oder 2 Linien), dadurch zu vermeiden.

Häufig tritt der Fall ein, daß das Maß in englischen Zollen und Fußen und das Gewicht in englischen Pfunden ausgedrückt ist. Um damit ohne vorhergehende Reduction das Vermögen einer Dampfmaschine in Pferdekräften zu berechnen, befolge man diese Regel: Multiplicire die Oberfläche des Kolbens, in englischen Quadratzollen ausgedrückt, mit 7 und mit der Geschwindigkeit des Kolbens per Minute in englischen Fußen, und dividire alsdann dieses Product mit der Zahl 33,000, so giebt der Quotient das Vermögen der Maschine in Pferdekräften. In England nimmt man nämlich an, daß die Pferdekraft derjenigen Kraft gleich sei, welche erforderlich ist, um 33,000 engl. Pfunde in 1' einen Fuß hoch zu heben; und der mittlere nützliche Druck des Dampfes auf jeden englischen Quadratzoll der Oberfläche des Kolbens beträgt 7 englische Pfunde. Der atmosphärische Druck auf jeden englischen Zoll beträgt beinahe 15 englische Pfunde, was einer Barometerhöhe von 30 englischen Zollen entspricht, während Dampf von niederer Pression im Kessel selten eine viel höhere Spannung besitzt, als 19 englische Pfunde auf den englischen Quadratzoll.

Nennt man nun den Durchmesser des Cylinders in englischen Zollen d und die Geschwindigkeit des Kolbens in der Minute s, so wird, den oben angegebenen Zahlen entsprechend, das Vermögen einer Dampfmaschine von niederem Druck in Pferdekräften berechnet durch die Formel

$$P = 0{,}0001666 \cdot s \cdot d^2.$$

Tabelle über die Durchmesser der Dampfcylinder von Niederdruck-Dampfmaschinen von 1 bis 200 Pferdekräften nominell und unter der Voraussetzung, daß der Dampf ohne Expansion wirkt.

Pferdekräfte.	Mittlere Geschwindigkeit des Kolbens in der Secunde.	Mittlerer Dampfdruck auf jeden Quadratzoll des Kolbens.	Durchmesser des Dampfcylinders.
	Niederl. Ellen.	Niederl. Pfde.	Niederl. Zoll.
1	0,700	0,470	17,0
2	0,760	0,486	23,0
3	0,810	0,500	26,5
4	0,840	0,505	30,0
5	0,860	0,508	33,0
6	0,880	0,512	35,8
7	0,900	0,515	38,2
8	0,920	0,518	40,3
9	0,935	0,520	42,3
10	0,950	0,522	44,2
11	0,962	0,524	45,9
12	0,975	0,525	47,6
13	0,985	0,526	49,3
14	0,995	0,527	50,0
15	1,000	0,528	52,4
16	1,000	0,528	54,0
17	1,010	0,529	55,4
18	1,020	0,529	56,7
19	1,030	0,530	58,0
20	1,040	0,530	59,3
21	1,050	0,531	60,5
22	1,060	0,531	61,5
23	1,068	0,531	62,5
24	1,075	0,532	64,0

Pferdekräfte.	Mittlere Geschwindigkeit des Kolbens in der Secunde.	Mittlerer Dampfdruck auf jeden Quadratzoll des Kolbens.	Durchmesser des Dampfcylinders.
	Niederl. Ellen.	Niederl. Pfde.	Niederl. Zoll.
25	1,080	0,532	65,0
26	1,085	0,532	66,0
27	1,090	0,533	67,0
28	1,095	0,533	68,0
29	1,100	0,533	69,0
30	1,105	0,534	70,0
31	1,110	0,534	71,0
32	1,115	0,534	72,0
33	1,120	0,535	73,0
34	1,125	0,535	74,0
35	1,130	0,535	74,8
36	1,135	0,535	75,7
37	1,135	0,536	76,7
38	1,140	0,536	77,5
39	1,140	0,536	78,5
40	1,145	0,536	79,4
41	1,145	0,536	80,4
42	1,150	0,537	81,1
43	1,150	0,537	82,0
44	1,155	0,537	82,8
45	1,155	0,537	83,7
46	1,160	0,537	84,5
47	1,160	0,537	85,3
48	1,165	0,538	86,0
49	1,165	0,538	86,8
50	1,165	0,538	87,8
51	1,170	0,538	88,5
52	1,170	0,538	89,4
53	1,170	0,538	90,2
54	1,175	0,538	90,9

Pferdekräfte.	Mittlere Geschwindigkeit des Kolbens in der Secunde.	Mittlerer Dampfdruck auf jeden Quadratzoll des Kolbens.	Durchmesser des Dampfcylinders.
	Niederl. Ellen.	Niederl. Pfde.	Niederl. Zoll.
55	1,175	0,538	91,7
56	1,175	0,539	92,4
57	1,180	0,539	93,1
58	1,180	0,539	93,8
59	1,180	0,539	94,7
60	1,185	0,539	95,3
61	1,185	0,539	96,1
62	1,185	0,539	96,9
63	1,190	0,539	97,5
64	1,190	0,539	98,2
65	1,190	0,539	99,0
66	1,195	0,540	99,5
67	1,195	0,540	100,2
68	1,195	0,540	100,9
69	1,200	0,540	101,5
70	1,200	0,540	102,2
71	1,200	0,540	102,9
72	1,205	0,540	103,5
73	1,205	0,540	104,2
74	1,205	0,540	104,9
75	1,210	0,540	105,4
76	1,210	0,540	106,0
77	1,210	0,541	106,6
78	1,215	0,541	107,1
79	1,215	0,541	107,8
80	1,215	0,541	108,5
81	1,220	0,541	109,0
82	1,220	0,541	109,6
83	1,220	0,541	110,0
84	1,225	0,541	110,7

Pferdekräfte.	Mittlere Geschwindigkeit des Kolbens in der Secunde.	Mittlerer Dampfdruck auf jeden Quadratzoll des Kolbens.	Durchmesser des Dampfcylinders.
	Niederl. Ellen.	Niederl. Pfde.	Niederl. Zoll.
85	1,225	0,541	111,4
86	1,225	0,541	112,0
87	1,230	0,541	112,5
88	1,230	0,542	113,0
89	1,230	0,542	113,6
90	1,235	0,542	114,0
91	1,235	0,542	114,6
92	1,235	0,542	115,2
93	1,240	0,542	115,7
94	1,240	0,542	116,3
95	1,240	0,542	116,9
96	1,245	0,542	117,4
97	1,245	0,542	117,9
98	1,245	0,542	118,5
99	1,245	0,542	119,0
100	1,250	0,543	119,5
110	1,255	0,543	125,0
120	1,260	0,544	130,0
130	1,265	0,544	135,1
140	1,270	0,544	140,0
150	1,275	0,544	144,6
160	1,280	0,544	149,0
170	1,285	0,544	153,3
180	1,290	0,544	157,5
190	1,295	0,544	161,5
200	1,300	0,544	165,4

Wir erwähnen hier noch schließlich, daß eine kürzere und bequemere Methode zur Berechnung der Kraft der Dampfmaschinen, wie sie der Practiker erfordert, als Anhang mitgetheilt worden ist.

Drittes Kapitel.

Beschreibung der Einrichtung der Hochdruck-Dampfmaschinen, ohne Expansion des Dampfes arbeitend; Berechnung des Effectes derselben u. s. w.

Wenn der Dampf, um eine Maschine in Bewegung zu setzen, zu einer höheren Spannung, als von zwei Atmosphären gebracht wird, und keine Condensation des Dampfes stattfindet, sondern derselbe, nachdem er auf die eine oder die andere Seite des Kolbens gewirkt hat, frei in die Atmosphäre entweichen kann, so nennt man einen solchen Dampf hochdrückenden Dampf, und die Maschine selbst eine Hochdruck-Dampfmaschine. Außer denjenigen Einrichtungen, welche sich nothwendig aus dem Umstande ergeben, daß der Dampf mit hohem Drucke wirkt, zeichnen sich diese Maschinen vor denen von niederem Druck besonders dadurch aus, daß sie gewöhnlich weder einen Condensator, noch eine Luftpumpe haben. Es ist zwar möglich, Dampf von mehr als 121° bis auf z. B. $\frac{3}{4}$ der Spannung zu condensiren, aber je höher die Temperatur des Dampfes steigt, desto mehr braucht man Wasser, um die Condensation mit Vortheil zu bewerkstelligen, und um desto größer muß dann auch die Luftpumpe sein.

Die große Quantität kaltes Wasser, welche erforderlich ist, um eine große oder mächtige Maschine in Gang zu erhalten, kann bei Mangel an Wasser ein unübersteigbares Hinderniß für die Aufrichtung derselben sein, während sie mit und nebst dem großen Verlust an Kraft, der dadurch entsteht, daß die Luftpumpe in Bewegung gesetzt werden muß, einen Grund abgeben kann, den hochgespannten Dampf nicht zu condensiren, sondern ihn, nachdem er benutzt worden ist, in die freie Luft entweichen zu lassen, so daß dann immer der Dampf, welcher der Bewegung des Kolbens widersteht, einen Druck von einer Atmosphäre ausübt; denn das Entweichen oder der Abfluß des Dampfes wird aufhören, wenn seine Spannung oder Elasticität bis auf diejenige vermindert ist, welche die Atmosphäre besitzt, so daß dann Gleichgewicht zwischen den Spannungen beider Flüssigkeiten besteht. Unter mehreren Umständen, z. B. bei Wasserhebungsmaschinen, wie die weiter unten beschriebenen Cornwalliser, wenn Condensationswasser in hinreichender Menge vorhanden sind, und wenn die Hebung derselben von dem durch eigene Schwere niedergehenden Gestänge bewirkt wird, ist die Condensation von großem Nutzen und wird stets angewendet. Ebenso ist dies bei den sehr großen doppeltwirkenden Hochdruck-Maschinen der Fall, welche mit Expansion und Cataract arbeiten.

1. Ueber das Eigenthümliche der Kessel der Dampfmaschinen von hohem Druck; Form einiger Stücke, welche auf diesen Kesseln angebracht werden.

Die gewöhnliche Form der Dampfkessel von hohem Druck — welchem Zwecke die Maschinen, welche von ihnen gespeis't werden, auch dienen mögen, oder wo und unter welchen Umständen sie sich befinden

mögen — ist gewöhnlich cylinderförmig; nur unter besondern Umständen, die wir noch kennen lernen werden, hauptsächlich bei den Locomotiven, richtet man sie anders ein. Diese cylindrischen Kessel haben häufig kugelförmige oder halbrunde Enden; sie sind, gleich den Kesseln von niederem Druck, in einem gemauerten Ofen angebracht, wenn sie feststehende Dampfmaschinen speisen sollen. In andern Fällen, jedoch auch zuweilen in dem soeben erwähnten Falle, befindet sich der Feuerraum im Innern dieser Kessel selbst angebracht. Manchmal bestehen sie auch aus verschiedenen, mit einander communicirenden Röhren, die gänzlich mit Wasser gefüllt sind und ringsum mit dem Feuer, oder mit der Flamme in Berührung stehen, während ein anderer Cylinder, dessen Boden nur erwärmt wird, mit dem ersten in Verbindung steht und nur zum Theil mit Wasser gefüllt ist, so daß der übrige Theil desselben den Raum bildet, in welchem sich der Dampf ansammelt. Manchmal bestehen diese Kessel aus der Vereinigung verschiedener eiserner Kammern, mit geradlinigen Wandungen und mit einander communicirend, wie in der dritten Abtheilung ausführlich beschrieben werden soll. Bei den Locomotiven endlich gehen durch den Kessel eine große Anzahl von Röhren, durch welche die Flamme und der Rauch strömen. Da der Dampf von hohem Druck eine viel höhere Temperatur hat, als derjenige von niederem Druck, und da der erste also durch stärkere Heizung erzeugt werden muß, als der letztere, so haben die Kessel von hohem Druck und deren Oefen auch einen größern Grad der Hitze auszuhalten, als diejenigen von niederem Druck, und es muß dann auch auf ihre Stärke und dauerhafte Zusammenfügung ganz besondere Rücksicht genommen werden. Hierüber soll auch in der dritten Abtheilung ganz speciell gehandelt werden.

Das Dampfrohr ist wie gewöhnlich eingerichtet, doch im Vergleiche zum Durchmesser des Cylinders enger, als es bei einer Dampfmaschine von niederem Druck sein dürfte; dieses findet besonders statt, um die Oberfläche verhältnißmäßig zu vermindern, damit nicht der Dampf, dessen Temperatur hoch ist, zu sehr abgekühlt werde; manchmal hat die Verkleinerung dieser Dimension auch den Grund, auf diese Weise eine zu große Zunahme der Geschwindigkeit des Dampfkolbens zu verhindern.

Der Dampfmesser. Da der Dampf von hohem Druck wenigstens eine Spannung von reichlich einer Atmosphäre über den atmosphärischen Druck besitzt, so ist er im Stande, außer dem gewöhnlichen atmosphärischen Druck eine Quecksilbersäule von wenigstens 76 niederl. Zollen zu tragen. Folglich besteht zwischen dem Manometer des Hochdruckdampfs und demjenigen des Niederdruckdampfs kein anderer Unterschied, als daß letzterer viel kleiner oder kürzer, als der erstere ist. Beträgt z. B. der Dampfdruck 4 Atmosphären über den atmosphärischen Druck, so muß der aufsteigende Schenkel des Dampfmessers, von der Biegung an gerechnet, wenigstens eine Höhe von 4 $\times$ 0,76 Ellen = 3,04 Ellen haben, wofür man dann recht gut 3,25 Ellen nehmen kann, während der andere Schenkel dann auch wenigstens 1,6 Ellen lang sein muß. Diese große Länge der Manometer für hochdrückenden Dampf ist häufig sehr unbequem.

Wenn der aufsteigende Schenkel des Manometers nicht aus einer gläsernen Röhre besteht, an welcher eine graduirte Scale befestigt ist, so daß man die Quantität des Steigens des Quecksilbers unmittelbar erkennen kann, so muß man dieses Steigen mittelst eines kleinen Schwimmers zu erfahren suchen, wie auch für den Manometer der Maschinen von

niederem Druck angegeben worden ist; jedoch muß hier die Spindel des Schwimmers, oder die Zeiger=scale, oder beide eine noch höhere Stellung bekommen, als die Mündung des aufsteigenden Manometerschenkels, wodurch das Ablesen von der Scale schwierig werden muß rc. Darum bringt man an dem kleinen Schwimmer keine Spindel, sondern eine feine seidene Schnur an, welche an der Mündung des Manometers über ein kleines kupfernes Rädchen läuft und an dem niederhängenden oder niedersteigenden Ende mit einem kupfernen Pfeilchen oder Stiftchen beschwert ist, welches dann an der graduirten Scale, die neben oder vor dem Manometer angebracht ist, den Betrag des Steigens des Quecksilbers und folglich auch den Dampfdruck anzeigt. Da der kleine Zeiger aus Eisen oder Kupfer verfertigt ist, so muß das Schwimmerchen aus Eisen verfertigt sein (nicht aus Kupfer), doch etwas schwerer, als der kleine Zeiger, um immer mit der Oberfläche des Quecksilbers in Berührung zu bleiben. Die Röhre des Manometers wird vorn oder auf die Seite der Kesselhaube gesetzt und nach einem solchen Orte gewendet, wo dieses Instrument sicher und ohne Hinderniß, und auch für den Heizer zugänglich ist. Wird es vor dem Ofen angebracht, so pflegt man es in einem hölzernen Kasten mit gläserner Thür einzuschließen, um es vor Beschädigung sicher zu stellen. In der dritten Abtheilung hierüber noch mehr.

Speiseapparat. Das Wasser, mit welchem der Kessel einer Dampfmaschine von hohem Druck gespeis't werden muß, kann letzterem nicht durch eine Speiseröhre zugeführt werden. Eine solche müßte schon die unmäßige Höhe von reichlich 10 niederl. Ellen haben, wenn der Dampf im Kessel nur eine Spannung von 1 Atmosphäre über den atmosphärischen Druck besitzt. Darum wird das Speisewasser

in den Kessel durch eine Warmwasserdruckpumpe gefördert, die gewöhnlich durch die abwechselnde Bewegung des Balanciers in Thätigkeit erhalten wird. Die Druckröhre dieser Pumpe läuft durch eine dampfdichte Oeffnung in der Haube des Kessels unter die Oberfläche des kochenden Wassers; ein im Druckrohre nahe am Kessel angebrachter Hahn dient zur Regulirung der Oeffnung der Röhre, d. h. zur Regulirung der richtigen Quantität des Speisewassers. Dazu ist es jedoch erforderlich, daß vor dem erwähnten Hahn am Druckrohre noch eine Röhre ebenfalls mit einem Hahne versehen, angebracht sei, durch welchen das überflüssige Wasser Abfluß finden kann; denn wäre keine solche Abflußröhre vorhanden, so müßte alles Wasser in den Kessel getrieben werden, wie klein auch die Oeffnung des Regulirungshahnes sein möchte. Man muß deßhalb durch wiederholte Versuche den Stand der beiden Hähne so bestimmen, daß der Kessel das nöthige Wasser so richtig wie möglich erhalte. Es ist deßhalb diese Art des Speiseapparates nicht so vollkommen, als derjenige der Kessel der Dampfmaschinen von niederem Druck, wo die Regulirung der Quantität des Speisewassers durch das Fallen oder Steigen des Wasserniveau's selbst bewerkstelligt wird. Es bestehen jedoch ähnliche Einrichtungen zur Speisung der Kessel, welche hohen Dampfdruck auszuhalten haben; sie sollen in der folgenden Abtheilung angegeben werden, und es mag einstweilen genügen, zu wissen, daß das Speisewasser mittelst einer Druckpumpe in den Kessel gebracht wird.

Apparat, um den Wasserstand im Kessel anzuzeigen. Dieser Apparat ist nicht wesentlich von demjenigen verschieden, welcher auf Kesseln von niederem Druck angebracht wird. Er besteht meistentheils aus einer kleinen, auf die Haube des Kessels geschraubten Säule, welche einen Balancier

mit Kreisbogenstücken an den Enden trägt. An dem einen Ende hängt mittelst eines Kettchens das Gewicht, welches den Schwimmer balanciren muß; das Kettchen am andern Kreisbogenstück ist mit einer dünnen Stange verbunden, die durch die Kesselhaube läuft, und an welcher der Schwimmer hängt. An der Säule des Instrumentes ist ein Kreisbogen befestigt, durch dessen Abtheilungen der Wasserstand angegeben wird, indem für diesen Zweck am Balancier, oder an einem seiner Zapfen ein Zeiger oder eine Zunge befestigt ist, welche während der Bewegung des Balanciers am genannten Kreisbogen spielt. Wenn die Größe des Kessels es zuläßt, ist es immer vorsichtig, zwei Wasserstandszeiger auf demselben anzubringen, weil die Bewegung der Schwimmerstange durch die dampfdichte Hanfliederung häufig behindert werden kann, was jedoch sehr unwahrscheinlich bei beiden Schwimmern zu gleicher Zeit eintreten würde, sobald man es sich zur Regel macht, bei'm Anzünden des Feuers zu untersuchen, ob diese Schwimmerstangen in gutem Gange sind.

Sicherheitsventile. Wenn das Sicherheitsventil eines Kessels, in welchem Dampf von hohem Druck erzeugt wird, z. B. eine Oberfläche von 50 Quadratzoll hat und die Dampfspannung den atmosphärischen Druck um 4 Atmosphären übersteigt, so muß das Ventil mit einem Totalgewichte von $50 \times 4 \times 1{,}033 = 207$ niederl. Pfunden belastet werden. Häufig würde es große Unbequemlichkeit verursachen, eine solche ansehnliche Last unmittelbar auf das Sicherheitsventil zu legen: der freie Abzug des Dampfes würde dadurch behindert werden können, das Heben des Ventiles würde erschwert werden u. s. w., und es ist deßhalb gegenwärtig meistens gebräuchlich, die Belastung des Sicherheitsventiles E Fig. 37 mittels eines Gewichtes G zu bewerkstelligen, welches

am Ende eines Hebels der dritten Art BAC hängt, der in A auf die Stange CE des Ventiles drückt und sich bei B um einen Bolzen oder Nagel dreht und unterstützt wird durch einen Ständer BD, der auf den Deckel der Stopfbüchse geschraubt ist. Ist z. B. in dem oben angenommenen Falle der Arm AB der Kraft, womit das Ventil E durch den Dampf gedrückt wird, der sechste Theil des Hebelarmes BC der Last G, so wird das Gewicht G dieser Belastung nur 34½ Pfund zu betragen brauchen, um auf das Ventil einen Druck von 207 Pfunden auszuüben, ohne dabei das Gewicht des Ventiles und der Stange, noch auch den Druck des Hebels BC selbst in Rechnung zu bringen. Die Wirkung des auf diese Weise eingerichteten Ventiles ist natürlich nicht von derjenigen eines auf die gewöhnliche Weise eingerichteten verschieden; denn sobald die Dampfspannung die bestimmte Grenze überschreitet, wird das Ventil gewaltsam geöffnet, der Hebel BAC wird durch die Stange AE gehoben, und der Dampf findet Gelegenheit, durch die Röhre F in den Schornstein zu entweichen. Die angegebene Einrichtung ist nichts weniger, als ganz ohne Mängel; es soll über dieselbe in der folgenden Abtheilung sehr ausführlich gehandelt, und es sollen auch zugleich andere Formen von Sicherheitsventilen angegeben werden.

Ein Dampfkessel für hochdrückenden Dampf hat immer zwei Sicherheitsventile, von denen das eine für den Maschinisten, oder für den Einheizer zugänglich ist, während das andere ganz und gar in einer Büchse, oder in einer eisernen Kammer eingeschlossen ist. Die Abzugröhren beider Ventile können in den Schornstein geführt sein. Häufig ist auch noch ein drittes Ventil vorhanden, welches ebenfalls in einer verschlossenen Büchse, wie das zweite Ventil, angebracht ist, jedoch eine viel kleinere Oberfläche besitzt,

so daß die Last ohne alle Unbequemlichkeit unmittelbar auf das Ventil gelegt werden kann. Dieses Ventil ist auch auf den Quadratzoll um $\frac{1}{20}$ oder $\frac{1}{15}$ mehr belastet, als die anderen Ventile, und dient hauptsächlich für den Zweck, den Maschinisten oder Einheizer dadurch, daß es sich öffnet, darauf aufmerksam zu machen, daß die Dampfspannung zu hoch geworden sei. Wenn durch den einen oder den andern Zufall die anderen Ventile den Dienst versagen sollten, so kann der Dampf alsdann dieses dritte Ventil öffnen und er wird hierauf nicht ohne Getöse durch die enge Oeffnung dieses Ventiles ausströmen. Diesrs Getöse kann man auf die Weise vergrößern, daß man die Büchse des Ventiles, sowohl oben, als an der Seite, mit einigen engen Löchern versieht, durch welche der Dampf alsdann schnaubend oder pfeifend entweichen wird.

Sind die Kessel für hochdrückenden Dampf stark genug gemacht, um den Druck von mehr, als 1 Atmosphäre von Innen nach Außen ohne einigen Nachtheil auszuhalten, so ist es selten nöthig, daß man auf dem Deckel des Fahrloches ein Luftventil anbringe, indem, wenn es sich nöthig macht, Luft in den Kessel durch's Sicherheitsventil eingelassen werden kann, welches man, wenn die Dampferzeugung aufhören soll, nur so lange offen zu lassen braucht, bis fast kein Dampf mehr ausströmt.

Alles, was im vorhergehenden Kapitel in Bezug auf die Sorgfalt gesagt worden ist, mit welcher man den Kessel in gutem Zustande erhalten muß und über die Aufmerksamkeit, welche auf die Unterhaltung des Feuers zu verwenden ist, leidet auch ganz besonders hier Anwendung, da es keinem Zweifel unterliegt, daß, ohne die Sorgfalt zu verdoppeln, die Kessel, welche Dampf von hohem Druck erzeugen, schnell

ruinirt werden oder daß selbst die größten Unglücksfälle entstehen können.

Wir wollen nun mit Hülfe der Tafeln VII. u. VIII. diejenigen beiden Arten von Hochdruck-Dampfkesseln beschreiben, welche bei feststehenden Maschinen am Häufigsten angewendet werden.

In den Figuren 45 bis 49, Taf. VII. ist ein sogenannter Cornwalliser Kessel abgebildet, der jedoch nur zu einer kleinen Maschine, von 6 Pferdekräften, gehört. Das Eigenthümliche dieser Cornwalliser Kessel besteht darin, daß die Feuerung innerhalb des Kessels geschieht. Sie werden zu Maschinen von jeder Größe angewendet, selbst bei den größten Wasserhaltungs-Maschinen der Cornwalliser Bergwerke, wie wir in dem nächsten Kapitel noch näher sehen werden.

Fig. 45. Oberansicht des Kessels und horizontaler Durchschnitt der Züge, des Mauerwerks und des Schornsteins.

Fig. 46. Senkrechter Längenschnitt durch die Mitte des Kessels.

Fig. 47. Senkrechter Querdurchschnitt des Kessels und der Züge, und Vorderansicht des eingemauerten Kessels.

Figg. 48 und 49. Seitenansicht, Durchschnitt und Oberansicht der Sicherheitsventile und des Wasserstandzeigers.

Der cylindrische Kessel ist 15½ Fuß lang und 5 Fuß 2 Zoll im Durchmesser. Das innerhalb desselben excentrisch gelagerte und mit den beiden Stirnflächen vernietete Feuerrohr von 2 Fuß 11 Zoll Durchmesser enthält den Rost, den Aschenfall und die aus feuerfesten Steinen gefertigte Feuerbrücke. Von hier aus streicht die Flamme mit den heißen Gasen und Dämpfen durch dieses Rohr bis zum Hintertheil des Kessels; dann gehen solche abwärts, durch den Canal unterhalb des Kessels nach dem Vorderende, steigen

durch zwei Oeffnungen in die Seitencanäle und entweichen endlich aus diesen in den Schornstein.

Das Feuerrohr ist 4 bis 5 Zoll hoch von dem Wasser bedeckt. Der Kessel wird von dem Mauerwerk der Züge (Fig. 47), und außerdem durch zwei gußeiserne Böcke getragen. Das am vordern Ende desselben angeschraubte gebogene Rohr dient zum Ablassen des Wassers.

Zunächst dem hintern Ende des Kessels sind zwei Röhren A und B festgeschraubt, von denen die erstere den Dampf in den Cylinder, die andere aber denselben in den Cylindermantel zur Verhütung der Abkühlung führt. Beide Röhren sind behufs der freien Ausdehnung mit Stopfbüchsen versehen.

Der gegen die Mitte des Kessels zu aufgeschraubte gußeiserne Aufsatz (siehe Fig. 48 und 49) enthält zwei Sicherheitsventile. Dieselben bestehen aus hohlen, mit vier Oeffnungen versehenen messingenen Cylindern, welche auf gewöhnliche Weise mit einem, dem Dampfdrucke entsprechend belasteten Hebel in Verbindung gesetzt sind.

Durch die Mitte des eben gedachten Aufsatzes führt die Stange des Schwimmers, welche in bekannter Art mittelst einer Kette mit einem Hebel verbunden ist.

Damit der Wasserstand im Kessel stets innerhalb bestimmter Grenzen bleibe, ist dem Wasserstandszeiger noch nachträglich folgende Einrichtung gegeben:

Eine mit einer Kugel versehene Stange ist charnierartig mit der festen Stütze des Hebels verbunden (Fig. 46), und auf selbige wirken zwei auf dem Hebel des Schwimmers befestigtr Haken oder Ansätze. Die Kugel schlägt daher, je nachdem der Wasserspiegel um eine bestimmte Höhe sinkt oder steigt, rechts oder links über. Die Stange der Kugel ist ferner durch eine Drahtleitung und ein System von

Hebeln mit einer Welle in Verbindung gebracht, deren einer Arm mittelst eines Stiftes auf das Saugventil der Kessel-Speisepumpe wirkt. Hat nun das Wasser im Kessel den höchsten Stand erreicht, und schlägt in Folge dessen die Kugel links über, so hebt jener Stift das Saugventil, und die Pumpe bleibt also so lange unwirksam, bis der Wasserspiegel so tief gesunken ist, daß die Kugel rechts überschlägt und der Stift das Ventil wieder frei läßt.

Mit Hülfe der Figuren 50 ꝛc. auf den Tafeln **VII.** u. **VIII.** wollen wir nun einen Hochdruck-Dampfkessel mit Sieberöhren beschreiben, der in der Maschinen-Fabrik von Edwards zu Chaillot bei Paris ausgeführt worden ist. Er entwickelt die zum Betriebe einer 25pferdigen Maschine erforderlichen Dämpfe von 3 bis 4 Atmosphären Spannung.

Fig. 50. Senkrechter Längenschnitt durch die Mitte des Kessels, der Züge und des Schornsteins, und Seitenansicht der Sicherheitsvorrichtungen.

Fig. 51. Horizontaler Schnitt nach der Linie **I, II** in Fig. 50 zwischen Kessel und Sieberöhren.

Fig. 52. Senkrechter Querschnitt nach der Linie **IV, V** in Fig. 51 durch die Verbindungsröhren **D** zwischen Sieberöhren und Kessel.

Fig. 53. Horizontaler Schnitt durch die Sieberöhren **B**, nach der Linie **V, VI** in Figur 52.

Der cylindrische, aus starken Eisenblechen zusammengenietete Kessel **A** ist an beiden Enden halbkugelig, und mit den zwei darunter liegenden cylindrischen Sieberöhren **B**, welche ebenfalls aus Eisen[illegible]en gefertigt sind, durch sechs senkrechtstehende guß[illegible]stücke **D** in Verbindung gebracht.

[illegible] **A** ruht mittelst der mit demselben [illegible] conisch geformten gußeisernen Muf[illegible]ändern der Sieberöhren **D**, welche [illegible]chtet sind. Die Sieberöhren sind

an den Enden nicht vernietet, sondern durch gußeiserne Deckel C, welche behufs der Reinigung sehr leicht abgenommen werden können, verschlossen. (Siehe Fig. 53.)

Die Sieederöhren B sind, um das Durchbiegen derselben zu verhüten, durch zwei gußeiserne Böcke E in der Mitte unterstützt.

Der Raum zwischen Kessel und Sieederöhren ist der Länge nach durch zwei Mauern F, welche sich am hintern Ende des Kessels vereinigen und dort bogenförmig gegen denselben geführt sind, in drei Züge abgetheilt. Die Flamme von dem auf dem Roste G liegenden Brennmaterial führt zunächst durch den horizontalen Canal H und umspielt die untere Hälfte der Sieederöhren; die heißen Gase steigen dann aufwärts in den durch die Mauern F gebildeten innern Canal J', streichen unterhalb des Kessels fort nach seinem vordern Ende, gehen von hier aus gleichzeitig durch die beiden Seitencanäle J wieder nach dem hintern Ende des Kessels, und endlich von da in den Schornstein K.

In der Feuerbrücke hinter dem Roste G ist eine breite Oeffnung L angebracht, die in den Aschenfall mündet, und durch welche die zur Verbrennung des Rauches erforderliche atmosphärische Luft oberhalb des Brennmaterials einströmt. Diese Oeffnung kann mittelst eines Schiebers a, der durch eine Stange b bewegt wird, beliebig geschlossen werden.

M (Fig. 50 und 52) gußeiserner, mit dem Kessel verschraubter Aufsatz zum Abführen der zu benutzenden Dämpfe mittelst des Dampfrohrs M'. In demselben ist unterhalb der Mündung von M' ein Ventil angebracht, welches geöffnet oder geschlossen wird, je nachdem man das Gewicht c in den Haken auf der rechten oder linken Seite des Hebels d bringt.

N (Fig. 50) das mit einem Deckel verschlossene Mannloch zum Befahren und Reinigen des Kessels.

O, das beinahe bis zum Boden des Kessels reichende Speiserohr, wodurch mittelst einer Druckpumpe das zu verdampfende Wasser eingeführt wird.

P, Schwimmer von Sandstein, welcher mittelst einer durch die Stopfbüchse des Kessels führenden Stange und einer um die Rolle f gelegten Kette mit einem Gegengewicht e versehen ist und zur Erkennung des Wasserstandes im Kessel dient. Bei'm Normalwasserstande steht der auf der Achse der Rolle f befestigte Zeiger senkrecht.

Q, Sicherheitsventile zum Ablassen der Dämpfe, wenn solche die gewöhnliche Spannung von 3½ bis 4 Atmosphären übersteigen. Das eine dieser Ventile ist dem Heizer zugänglich, das andere aber von einem durchbrochenen gußeisernen Gehäuse umschlossen.

R, Register zur Regulirung des Zuges. Dasselbe besteht aus einem mit einem Gegengewicht S versehenen Schieber, der sich in Nuthen auf- und niederbewegen läßt.

Aus den Figg. 50 und 52 geht hervor, daß die untere Hälfte des Kessels, welche mit den erhitzten Gasen in Berührung steht, mit Wasser, dagegen die obere Hälfte mit Dampf angefüllt wird; damit sich nun die letztere nicht abkühle, so ist solche nicht allein übermauert, sondern außerdem noch mit einer, die Wärme schlecht leitenden Aschenschicht T überdeckt.

Fig. 54. Verticaler Schnitt durch das von einem Gehäuse umschlossene Sicherheitsventil Q.

Fig. 55. Obere Ansicht desselben nach Wegnahme des Gehäuses.

Der ganze Apparat wird mittelst des gußeisernen Aufsatzes g mit dem Kessel verbunden. h ist ein gewöhnliches, durch den Hebel i belastetes Scheibenventil, welches sich nur dann öffnet, wenn die Dämpfe

die vorgeschriebene Spannung überschreiten. Die Oeffnung oberhalb des Aufsatzes g ist mittelst einer Platte J aus einer leichtflüssigen Metall-Legirung geschlossen, welche aber, damit solche dem Dampfdrucke widerstehen könne, mit einem gußeisernen Roste k (Fig. 58, Durchschnitt und Unteransicht) bedeckt ist, durch dessen Oeffnungen die Dämpfe entweichen, wenn jene Platte, in Folge der hohen Temperatur, schmilzt.

Fig. 56 und 57. Seitenansicht, Oberansicht, Unteransicht und Durchschnitt des Scheibenventils h.

Fig. 59. Senkrechter Durchschnitt und Oberansicht der Nahrungspumpe. Dieselbe besteht zunächst aus dem Stiefel, worin sich der durch eine Stopfbüchse gedichtete massive Kolben bewegt. Der Zufluß zum Kessel wird durch zwei Hähne U und V geregelt. Das conische Ventil l am Stiefel dieser Pumpe, welches durch den, mit einem Gewichte belasteten, gebogenen Hebel X angedrückt wird, dient zunächst zum Fortschaffen der Luft bei'm Anlassen der Pumpe, später aber als Sicherheitsventil.

Fig. 60. Grundriß von Fig. 59.

Fig. 61. Seiten- und Unteransicht des Ventils l.

Fig. 62. Senkrechter Durchschnitt und Unteransicht des Kegelventils Z (Fig. 59), welches den Stiefel mit dem Dampfkessel verbindet. Der Deckel des Gehäuses, worin sich dasselbe befindet, wird bloß durch eine Schraube niedergehalten und kann also leicht abgenommen werden.

Fig. 63, 64 und 65. Vorderansicht, verticaler und horizontaler Durchschnitt des Quecksilber-Manometers zur Erkennung der Dampfspannung im Kessel.

Die Construction dieses Instruments ist auf das Mariotte'sche Gesetz basirt, wonach in demselben Verhältnisse, in welchem der Druck, unter dem sich Luftarten befinden, zunimmt, der Raum abnimmt, und umgekehrt.

Das Manometer besteht aus einer gebogenen, unten mit einer Kugel versehenen Glasröhre A' B', deren längerer Schenkel mittelst einer verschließbaren kupfernen Röhre C' mit dem Dampfkessel in Verbindung gebracht ist. Der die Röhren einschließende hölzerne Rahmen ist mit einer dünnen Platte bedeckt, worauf die Eintheilung in folgender Art bewerkstelligt werden kann:

Man ziehe die gerade Linie mo (Fig. 66), mache diese gleich der Röhrenlänge vom Deckel bis zur Oberfläche des Quecksilbers, wenn dasselbe in beiden Schenkeln gleich hoch steht, und lege durch die Endpuncte m und o zwei Linien, welche auf mo senkrecht stehen. Wird darauf $mn = op = \frac{1}{2} mn$ gemacht und die Gerade np gezogen, so halbirt diese die Linie mo in r und bestimmt den Theilstrich 1 des Manometers.

Man trage nun auf die durch o gelegte Linie die Entfernung $op = mn = \frac{1}{2} mo$ so oft ab, als erforderlich ist, und ziehe von diesen Puncten ebenfalls gerade Linien nach n, so erhält man successive auf mo die Durchschnittspuncte s, t, u u. s. w., welche den Theilstrichen 2, 3, 4 u. s. w. des Instruments entsprechen. Es ist nämlich z. B.

das $\triangle mns \backsim \triangle soq$, mithin verhält sich $nm : oq = ms : so$; da aber $oq = mo$ und $nm = \frac{1}{2} mo$, so erhält man daraus: $so = 2 . ms$, oder $ms = \frac{1}{3} . mo$.

Auf eben dieselbe Weise findet man $mt = \frac{1}{4} mo$, $mu = \frac{1}{5} mo$ u. s. w.

Steht also in dem Schenkel A' das Quecksilber bei'm Theilstrich 1, so ist die Spannung der Dämpfe gleich 1 Atmosphäre; steht dasselbe bei'm Theilstrich 2, so ist die Spannung 2 Atmosphären u. s. w.

Werden die Entfernungen $op = pq$ u. s. w.

in vier gleiche Theile getheilt, so erhält man auf dieselbe Weise die Theilstriche für $\frac{1}{4}$ Atmosphären.

Fig. 67. Schnitt durch die Mitte des Hahnstücks in der Röhre C′ (Fig. 64), dessen Dichtung durch eine Schraube D′ bewirkt wird. Die Röhre E′ steht mit dem Dampfraume des Kessels in Verbindung.

Fig. 68 und 69. Verticaler Durchschnitt und Seitenansicht eines Wasserstandzeigers am Kessel.

Derselbe besteht aus einer Glasröhre F′, welche in Muffen G^1 und G^2, die, behufs der Ausdehnung, durch zwei dünne messingene Bänder J′ mit einander verbunden werden, verkittet ist. Die obere Muffe G^1 steht durch eine 3 bis 4 Linien weite Röhre mit dem Dampfraume des Kessels in Verbindung, und gestattet der Glasröhre die durch die Wärme verursachte Ausdehnung.

II. Einrichtung einer Hochdruck-Dampfmaschine.

a) Außer daß der Dampf von hohem Druck, während er aus dem Kessel in den Cylinder übertritt, in dem Dampfrohre und in der Dampfkammer eine starke Abkühlung erleiden muß, so wird letztere dennoch im Cylinder am Größten sein. Durch die Erwärmung der Luft, die mit dem Cylinder von Außen unmittelbar in Berührung steht, findet natürlich längs dem Cylinder eine Luftströmung Statt, durch welche die genannte Abkühlung noch mehr befördert werden muß. Um den aus dieser Abkühlung entstehenden Verlust an Dampf und an Spannung soviel wie möglich zu vermindern, pflegt man den Cylinder zwar mit einem Stoff, wie z. B. mit Holz oder Werg, zu umgeben, der den Wärmestoff schlecht leitet, oder denselben in geringem Maße nach Außen abführt; häufiger jedoch pflegt man den Cylinder in

einen andern gegossenen Cylinder von großem Durchmesser zu stellen, oder um den Cylinder einen andern von größerem Durchmesser anzubringen und den Zwischenraum beider Cylinder mit Dampf gefüllt zu erhalten von gleicher Temperatur mit demjenigen im Dampfcylinder, oder in den Dampfröhren. Die Abkühlung des Dampfes im Cylinder muß nothwendig bei dieser Einrichtung geringer sein, als es ohne eine solche Vorsorge der Fall sein würde. Man nennt diesen zweiten Cylinder, welcher den eigentlichen Dampfcylinder umgiebt, den Mantel.

Die Cylinder der Dampfmaschinen von niederem Druck haben manchmal ebenso gut einen Mantel, als diejenigen der Maschinen von hohem Druck, obschon man bei letzteren Maschinen auch wohl Cylinder ohne Mantel antrifft. Dergleichen Mäntel verhindern häufig auf eine sehr genügende Weise eine zu starke Abkühlung des Dampfes im Cylinder; sehr häufig gewähren sie jedoch auch den Vortheil nicht, den man von ihnen erwartet. Dieses hängt besonders von der Art und Weise ab, wie man den Dampf in den Raum zwischen dem Cylinder und seinem Mantel bringt und unterhält. Weiter unten soll dieser Punct mit der nöthigen Ausführlichkeit erörtert werden, auch sollen zugleich die verschiedenen Formen angegeben werden, welche man den Cylindern giebt, die einen Mantel bekommen, ferner die Form dieser Mäntel selbst. Für jetzt ist es ausreichend, einen allgemeinen Begriff von der Einrichtung eines mit seinem Mantel versehenen Cylinders zu geben, der allein die gebogene Oberfläche des Cylinders umgiebt; denn der Deckel und der Boden können auch im Mantel eingeschlossen werden; doch hiervon nachher.

Fig. 38 stellt einen mit Mantel versehenen Cylinder im Durchschnitte dar. **A B C D E** ist der

Dampfcylinder, unten mit einem ebenen Rande versehen, mit welchem er auf dem ebenen, vorragenden Rande ab, cd des cylindrischen Fußgestelles GFIH ruht, dessen obere Fläche FI den Boden des Cylinders bildet. Die runde oder viereckige Röhre C, welche die untere Dampföffnung bildet, ist mit dem Dampfcylinder massiv verbunden, oder macht mit demselben ein Stück aus. Oben besitzt der Cylinder keine vorragenden, ebenen Ränder, aber bei A ist eine rechtwinkelige Oeffnung, der obern Dampföffnung K entsprechend, in seiner Wand angebracht. LMNO ist der äußere Cylinder oder Mantel, mit welchem die runde oder viereckige Röhre K, welche die obere Dampföffnung bildet, massiv verbunden ist. Unten und oben ist dieser Mantel mit ebenen, vorragenden Rändern versehen, aber unten bei M ist in der Wand des Mantels ein viereckiger Ausschnitt, welcher auf die drei Außenseiten der Röhre C (der untern Dampföffnung) genau paßt. Der Mantel kann auf diese Weise über den Cylinder niedergelassen werden, bis seine unteren Ränder auf diejenigen des Cylinders zu stehen kommen. Die Fugen zwischen den Rändern (die mit Schraubenbolzen an einander befestigt sind) und die Ritzen zwischen den Kanten des Ausschnittes M und der Wandung der Röhre C werden mit Eisenkitt verschlossen, manchmal auch mit einer dünnen Lage von ausgebreitetem Werg belegt, so daß kein Dampf durchdringen kann. Damit auch kein Dampf durch die Ritzen zwischen den Kanten des Ausschnittes A und der Röhre K dringe, liegt selbst unter diesem Ausschnitt ein massiver Rand ee um den Cylinder herum, auf welchen man Werg bringt, welches durch den überspringenden Rand f der Röhre K und durch den Deckel PQ des Dampfcylinders hinlänglich zusammengedrückt werden kann, um das Durchdringen des Dampfes zu verhindern.

Die einfachste Weise, den Dampf in den Raum zwischen dem Cylinder und seinem Mantel eintreten zu lassen, besteht darin, daß man an irgend einer Stelle des Dampfrohrs eine schwache Röhre gh anbringt, welche sich in den genannten Raum einmündet. Ist diese Röhre mit einem gut schließenden Hahne versehen, so kann der Dampf aus dem Dampfrohr in den oben genannten Raum einströmen, so lange der Hahn geöffnet ist. Aus dem Boden des Mantels läuft dann eine andere, ebenfalls mit einem Hahn versehene Röhre ikl in die Cisterne, in welcher das Speisewasser erwärmt wird, bevor man es in den Kessel pumpt (wie sogleich näher angegeben werden soll). Diese Röhre dient dazu, um von Zeit zu Zeit das Wasser abfließen zu lassen, welches durch die Abkühlung des Dampfes condensirt wird und auf dem Boden des Dampfraumes sich sammelt. Wenn die Maschine angelassen werden soll, so muß man die Hähne beider Röhren gh und ikl zugleich öffnen, um die im Dampfrohre und im Dampfraume um den Cylinder herum befindliche Luft austreiben zu können.

b) Da die Anbringung eines Manometers am Dampfrohre neben dem Cylinder — um hier die Dampfspannung erfahren zu können — meistens wegen der großen Länge dieses Instrumentes bei hochdrückendem Dampfe Schwierigkeiten findet, so wendet man manchmal für diesen Zweck ein kleines belastetes Ventil (in der Form eines Sicherheitsventiles) an, welches eine kleine Oeffnung an irgend einer Stelle des Dampfrohrs verschließt und sich dann erst öffnen muß, wenn der Dampf die bestimmte Spannung besitzt, [illegible]cher derselbe in Wirksam[illegible] soll [illegible], welche einen [illegible] der Dampf- [illegible] ist diese Vor-

richtung dargestellt. Das Dampfrohr A kommt aus dem Kessel, hat bei B eine kleine, runde Oeffnung von z. B. 5 Quadratzoll; um diese Oeffnung herum liegt in einer für diesen Zweck angebrachten Büchse a a (siehe auch den Querdurchschnitt der Röhre Fig. 40) ein kupferner Rand, bedeckt von einer kleinen, ebenen, kupfernen Klappe, deren Spindel durch den Arm des kleinen, eisernen Hebels cd gedrückt wird, welcher sich bei c um einen Nagel dreht und an seinem freien Ende mit einem kleinen Gewicht g belastet ist. Wenn dieses Gewicht, seinem Hebelarme entsprechend, so groß genommen ist, daß der Quadratzoll der Klappe so stark belastet ist, als er auf der entgegengesetzten Seite vom Dampfe gedrückt werden muß, so darf man die Maschine nicht eher in Bewegung treten lassen, als bis dieses Ventil, oder diese Klappe durch den Dampf geöffnet wird. Mittelst dieser Klappe kann man auch die Spannung des Dampfes in der Nähe des Cylinders erfahren, jedoch giebt sie dieselbe lange nicht so genau an, als ein gewöhnlicher Manometer.

Ein Drosselventil im Dampfrohre, welches dazu dient, den Zufluß des Dampfes in den Cylinder zu reguliren oder zu behindern (damit, wie es besondere Zwecke und Umstände erheischen, sowohl der Druck auf den Kolben, als auch die Geschwindigkeit des letztern vermehrt oder vermindert werden kann), und das mit Handsteuerung oder durch ein conisches Pendel in Bewegung gesetzt wird — ein solches Ventil wird in den Dampfröhren der Dampfmaschinen von hohem Druck auf dieselbe Weise angebracht und angewendet, wie in den Dampfröhren oder in den Dampfbüchsen der Maschinen von niederem Druck, nur muß der Hanf in der Stopfbüchse, durch welche die Spindel dieses Ventiles läuft, sorgfältiger eingelegt und häufiger festgedrückt und erneuert werden bei

einer Maschine von hohem Druck, als es der Fall bei einer Maschine von niederem Druck ist. Das im Durchschnitte Fig. 39 dargestellte Ventil erhält seine Steuerung mittelst der Hand; seine Spindel oder Stange ef läuft durch die runde Stopfbüchse Fe, in welcher sie sich dreht, und ruht bei f mittelst eines Zapfens auf dem festen Boden; sie wird von dem Maschinisten an der Handhabe DE in Bewegung gesetzt.

c) Wenn der Dampfkolben einer Maschine von hohem Druck eine Hanfgarnitur oder Liderung hat, so muß dieselbe sehr fest angedrückt sein, um zu verhindern, daß nicht der Dampf dieselbe da oder dort eindrücke und auf die andere Seite des Kolbens durchdringe, zumal da eine solche Garnitur bei der hohen Temperatur des Dampfes stark schwindet und so zu sagen schnell verzehrt wird. Man wendet deßhalb gegenwärtig in Dampfmaschinen von hohem Druck ganz allgemein metallene Kolben an, d. h. Kolben, deren Garnituren aus metallenen Segmenten bestehen, welche durch Federn, inwendig in den Kolben angebracht, stark gegen die innere Wandung der Cylinder gedrückt werden. Die Einrichtung dieser Kolben soll in der Folge genau angegeben werden; wir thun derselben bloß jetzt Erwähnung, um auf den Unterschied aufmerksam zu machen, welcher zwischen den Kolben der Maschinen von hohem und von niederem Drucke besteht.

Die Art und Weise, wie der Dampf aus dem Kessel Zutritt in den Cylinder erlangt und, nachdem er benutzt worden ist, Gelegenheit zum Entweichen erhält, ist eigentlich von derjenigen gar nicht verschieden, welche im vorhergehenden Kapitel für Maschinen von niederem Druck angegeben worden ist. Die Einrichtung der Schieberventile ist jedoch meistens anders. Diese Einrichtung ist indessen zur besseren Erläuterung des Gegenstandes in Fig. 39 beibehalten

worden. Eigenthümliche und manchmal zweckmäßigere Einrichtungen sollen in der folgenden Abtheilung bei der allgemeinen Beurtheilung der Formen und Einrichtungen der Theile von Dampfmaschinen angegeben werden.

G G' ist die viereckige oder halbrunde Dampfbüchse oder Dampfkammer, H und H' sind die Schieberventile. Vom Boden der Dampfbüchse läuft eine schwache Röhre H, welche durch einen Hahn verschließbar ist, nach der Warmwassercisterne, damit der zu Wasser verdichtete Dampf in diese Cisterne abfließen könne. I und I' sind die Dampföffnungen des Cylinders; K und K' die Oeffnungen in der hintern Platte k k der Dampfbüchse, durch welche der Dampf aus dem Cylinder nach der Warmwassercisterne abfließen kann. Dieses kann auch, wie in den Maschinen von niederem Druck, mittelst einer Röhre geschehen die von den genannten Oeffnungen K, K' nach der Warmwassercisterne, wie nach einem Condensator, sich fortsetzt. In der Figur ist jedoch die Einrichtung so dargestellt, daß die Dampfbüchse durch die Oeffnung K K' mit dem Raume zwischen dem Cylinder und seinem Mantel communicirt. Der benutzte Dampf wird deßhalb in diesen Raum gelassen, verbreitet sich um den Cylinder, um die Temperatur desselben so viel wie möglich zu unterhalten, und entweicht dann sammt dem durch Condensation entstandenen Wasser durch die Abzugröhre L L' nach der Warmwassercestirne.

In Fig. 39 ist der Cylinder im Mantel dargestellt, während letzterer nach Fig. 38 eben über den Cylinder niedergelassen ist. Bei der in Fig. 39 angegebenen Einrichtung kann der Mantel mit den Röhren I, K, K', I', L nebst der Hinterplatte k k aus einem Stücke gegossen werden, und diese Hinterplatte kann am Cylinder dicht anliegen, so daß

dann kein Raum zwischen dem Cylinder und der Dampfbüchse besteht; indessen kann die Hinterplatte vom Mantel getrennt sein, in welchem Falle sie mit Schraubenbolzen an die Dampföffnung befestigt wird. An den Cylinder kommt nur ein Unterstützungsrand ll, während er auf dem Boden M M und auf dem vorspringenden Theile N der unteren Dampföffnung ruht, oder in besonderen Falzen m m sitzt, die zuvor mit ein Wenig in Oel getränktem Werg belegt und alsdann mit Kitt verstrichen sind, damit der Dampf nicht durchdringen könne. Der Deckel ist gleichfalls mit Falzen n, n versehen, um auch den Cylinder von Oben dampfdicht zu schließen.

d) Bevor der im Cylinder benutzte Dampf in die Atmosphäre entweicht, benutzt man noch seine Hitze, um das Speisewasser zu erwärmen. Man kann denselben für diesen Zweck durch einen verschlossenen Behälter leiten, in welchem z. B. die Röhre L L' Fig. 39 läuft, und aus welchem wiederum eine andere Röhre nach dem Schornsteine oder nach Außen führt. Das Druckrohr der Speisepumpe (die alsdann das kalte Wasser hebt) muß in diesem Falle mit einer oder mit zwei Biegungen durch den genannten Behälter laufen, bevor es in den Kessel übergeht, so daß es in dem Behälter überall und mit einer möglichst großen Oberfläche mit dem Dampfe in Berührung stehe und das Wasser auf diese Weise erwärmt werden könne. Man wendet jedoch meistentheils eine besondere Kaltwasserpumpe P Q Fig. 41 an, wo das Wasser nicht höher, als bis zur Röhre R (durch welche das überflüssige Wasser abläuft) stehen kann. Dieser Sammelbehälter communicirt durch die Röhre o o mit dem verschlossenen Dampfbehälter O O, in welchem das Wasser dann auch immer bis zur Höhe R p p stehen wird. Die Abzugröhre L L' kommt aus der Dampfbüchse oder aus dem Mantel

des Cylinders, läuft durch den Deckel des Behälters O O und setzt sich 4 oder 5 Zoll tief unter der Oberfläche des Wassers p p fort, so daß der Dampf nothwendig erst durchs Wasser gehen und demselben einen Theil seiner Wärme mittheilen muß, ehe er im Dampfraume über die Oberfläche gelangen kann. Aus diesem Raume kann der Dampf alsdann nach Außen durch eine Röhre S S ausströmen, die an irgend einer Stelle auf dem Deckel oder in der oberen Wand des Behälters O O eingesetzt und nach dem Schornsteine oder nach Außen geleitet ist.

Das Saugrohr T der Speisepumpe U steht unter der Oberfläche des Wassers p p, und das Druckrohr läuft in der einen oder in der anderen Richtung (wie Umstände und Oertlichkeit es vorschreiben) vom Pumpenstiefel nach dem Kessel und setzt sich im letzteren bis unter die Oberfläche des Wassers fort. Das Wasser, welches in der Dampfbüchse u. s. w. aus der Condensation des Dampfes entsteht, läuft von da durch ein Röhrchen in den Dampfbehälter ab, das z. B. bei q sich in diesen Behälter einmündet.

Und hierin bestehen denn vornehmlich die Eigenthümlichkeiten der Einrichtung einer Dampfmaschine von hohem Druck, denn eine solche Dampfmaschine hat, wie bereits früher gesagt worden ist, keinen Condensator und keine Luftpumpe, während dagegen andere Theile, z. B. das Scharnierparallelogramm, der Balancier, das Schwungrad u. s. w. dieselbe Form haben und auf dieselbe Weise thätig sind, wie bei einer Dampfmaschine von niederem Druck.

III. Berechnung der Kraft einer Hochdruckdampfmaschine.

Wenn der hochdrückende Dampf mit vollem Drucke wirkt, d. h., wenn derselbe während des gan-

zen Kolbenzuges im Cylinder zugelassen wird (oder *beinahe* während des ganzen Kolbenzuges in den Cylinder einstreicht), so wird die Kraft einer solchen Maschine auf dieselbe Weise berechnet, wie es für Maschinen von niederem Drucke angegeben worden ist, mit Vorbehalt der Modificationen, welche sich hier von selbst aus der Art der Kraft und aus der Einrichtung der Maschine ergeben. Die Quantität des Verlustes an Kraft oder Spannung des Dampfes und diejenige der Widerstände, welche die Maschine darbietet, sollen auch in derselben Ordnung und auf dieselbe Weise berechnet oder angegeben werden, wie es im vorhergehenden Kapitel geschehen ist.

a) *Verlust an Spannung durch Abkühlung im Dampfrohre.* Je höher die Temperatur des Dampfes ist, desto größer muß auch seine Abkühlung in den Canälen und Röhren sein, durch welche er strömt; dabei kommen meistentheils auch noch Entweichungen des Dampfes durch Fugen und nicht genaue Verbindungen vor. Die Berechnung des Verlustes durch Abkühlung wird daher um so viel weniger genau, je höher die Temperatur des Dampfes ist, und sie kann nicht einmal als eine rohe Schätzung angesehen werden, sobald der Dampfdruck sehr hoch ist, z. B. sechs und mehr Atmosphären beträgt. Es fehlt bis jetzt noch an genauen Beobachtungen, aus welchen man allgemeine Folgerungen ableiten könnte, und um nicht ganz ohne Gründe zu Werke zu gehen, ist man gehalten, die allgemeinen Formeln für die Bestimmung des Verlustes an Spannung, welchen die Abkühlung verursacht, auch hier anzuwenden.

Die Formel, welche wir im vorhergehenden Kapitel benutzten, ist

$$h = H\left(1 = 0{,}00005382 \cdot \frac{l\,(T - t)}{d \cdot s \cdot G}\right);$$

es bezeichnet l die Länge des Dampfrohres, T die Temperatur seiner äußeren Oberfläche, t die Temperatur der umgebenden Luft, d den Durchmesser des Dampfrohres, s die Geschwindigkeit, mit welcher der Dampf durch die Röhre strömt, und G die Schwere von 1 Kubikelle Dampf, dessen Spannung im Kessel = H ist, während dieselbe Spannung im Cylinder mit h bezeichnet ist. Obschon H und h die Höhen der Quecksilbersäulen bezeichnen, welche der Dampf im Kessel und im Cylinder tragen kann, so kann man doch an ihre Stelle die Drucke setzen, welche der Dampf auf den Quadratzoll auszuüben vermag. Nennt man nun den Druck des Dampfes im Kessel auf den Quadratzoll p, so wird die Quantität des Verlustes an Kraft, welcher durch die Abkühlung im Dampfrohre entsteht.

$$= 0{,}00005382 \cdot \frac{l\,(T - t)}{d \cdot s \cdot G}\,p.$$

Wiewohl die Länge l der Dampfröhre allein von den örtlichen Umständen und keineswegs vom Durchmesser D des Cylinders abhängt, so wollen wir dennoch, wie auch oben angenommen worden ist, l = 10 D setzen; der Durchmesser d des Dampfrohres ist selten beträchtlich kleiner als $\frac{1}{7}$ vom Durchmesser des Cylinders, es werde jedoch D = 6,5 d gesetzt und s = 30 Ellen angenommen; die Temperatur t der umgebenden Luft sei = 30°, und T betrage 10 bis 12° weniger als die Temperatur des Dampfes. Auf diese Weise wird der Verlust

$$= 0{,}00005382 \cdot \frac{10\,D\,(T - 30)}{\frac{1}{6{,}5}\,D \cdot 30 \cdot G} \cdot p$$

$$= 0{,}0001211 \cdot \frac{T - 30}{G}\,p;$$

setzt man in diese Formel T und G die Werthe, welche in der zweiten und neunten Columne der

Tabelle IV. am Ende der vorhergehenden Abtheilung angegeben sin[illegible], so findet man von 2 bis 8 Atmosphären die [illegible]lgenden Zahlen

Für eine Spannung von 2 Atmosphären ist der Verlust = 0,008830 . p.
— — — — 2½ — — — — = 0,007826 . p.
— — — — 3 — — — — = 0,007145 . p.
— — — — 3½ — — — — = 0,006612 . p.
— — — — 4 — — — — = 0,006140 . p.
— — — — 4½ — — — — = 0,005704 . p.
— — — — 5 — — — — = 0,005330 . p.
— — — — 5½ — — — — = 0,005010 . p.
— — — — 6 — — — — = 0,004840 . p.
— — — — 6½ — — — — = 0,004600 . p.
— — — — 7 — — — — = 0,004480 . p.
— — — — 7½ — — — — = 0,004275 . p.
— — — — 8 — — — — = 0,004120 . p.

In diesen Resultaten bezeichnet p den Druck des Dampfes von 2, $2\frac{1}{2}$, 3 u. s. w. Atmosphären auf den niederländischen Quadratzoll, so daß der Verlust, obschon um so beträchtlicher, je höher der Druck ist, welchen der Dampf ausübt, dennoch relativ, d. h. verglichen zur totalen Größe des Druckes, mit der Zunahme der Dampfspannung immer kleiner wird.

b) Verlust durch Abkühlung im Cylinder. Wenden wir dieselbe Formel hier wieder an, so wird dieser Verlust

$$= 0{,}000075 \, \frac{T - 30}{G} \cdot p,$$

weßhalb die Größe dieses Verlustes beinahe $\frac{5}{8}$ desjenigen beträgt, der durch die Abkühlung in den Röhren entspringt. Dieses ist ganz richtig, wenn der Cylinder einen Mantel hat und angenommen wird, daß der Dampf in demselben seine Temperatur behalte; aber durch die Abkühlung des Dampfes im Raume des Mantels erfährt auch derjenige im Cylinder jederzeit eine Abkühlung, so daß, wenn man den Verlust der Spannung dazu rechnet, der durch Entweichung des Dampfes aus Ritzen und Fugen entsteht, der totale Verlust recht gut auf $\frac{1}{2}$ von dem durch Abkühlung in den Röhren herbeigeführten Verlust, wo nicht noch höher, steigen kann.

Der Verlust, den die Kraft dadurch erleidet, daß ein Theil des Druckes verwendet wird, um Geschwindigkeit zu erzeugen, während ein anderer erforderlich ist, um dem Gegendrucke auf der anderen Seite des Kolbens das Gleichgewicht zu halten, wird, wie weiter oben, folgender Gestalt berechnet:

a) Erforderliche Kraft, um dem Kolben die nöthige Geschwindigkeit mitzutheilen.

Derjenige Theil der ursprünglichen Dampfspannung, welcher erforderlich ist, um die nöthige Geschwindigkeit der Bewegung mitzutheilen, ist

$$= \left(\frac{n}{n-1}\right)^2 \frac{D^4 \cdot S^2}{(16,333)^2 \; d^4 \; V \cdot H};$$

es bezeichnet nämlich V das in der achten Columne Tabelle IV., erste Abtheilung, angegebene Volumen des Dampfes.

Für Dampf von niederem Druck ist weiter oben berechnet, daß

$$\frac{n-1}{n} = 0,5$$

sei; da jedoch die Zusammenziehung größer wird, wenn die Temperatur und die Spannung des Dampfes zunehmen, so muß dieser Werth auch beständig kleiner werden, wenn der Dampf mit höherem Drucke wirkt. Es ist zu bedauern, daß es in Betreff dieses Punctes an genauen Beobachtungen fehlt, da die wenigen, welche dem Verf. bekannt sind, nach einem zu kleinen Maßstabe angestellt sind, als daß man von ihnen mit Zuverlässigkeit sollte einen nützlichen Gebrauch machen können. Man kann indessen für den Werth von $\frac{n-1}{n}$ die Zahl 0,45 setzen, welche sicher für eine Durchschnittszahl nicht zu klein ist, wenn der Dampf nicht mit viel höherem Drucke, als von 3 bis 6 Atmosphären wirksam ist.

$\frac{n}{n-1}$ wird also $= \frac{100}{45} = 2,222$ und $\left(\frac{n}{n-1}\right)^2 = 4,9378$. Setzen wir nun wiederum, wie oben, $d = \frac{1}{6,5} D$, so wird die obige Formel

$$= 4{,}9378 \cdot \frac{(6{,}5)^4 \cdot S^2}{(16{,}333)^2\ V \cdot H} = \frac{33{,}041}{V \cdot H} \cdot S^2;$$

und da für das Austreiben des Dampfes in die Atmosphäre ziemlich eine gleiche Kraft erfordert wird, so muß der totale Verlust werden

$$= \frac{66}{V \cdot H} \cdot S^2.$$

Da nun die Volumina V beinahe in demselben Verhältnisse abnehmen, in welchem die Dampfspannungen H zunehmen, so wird der oben stehende Verlust beinahe eine unveränderliche Größe und beträgt wohl $\frac{1}{12}$ der ursprünglichen Spannung, wenn man die Geschwindigkeit im Durchschnitte auf 1 Elle annimmt, und der Dampf im Durchschnitte mit 4 bis 7 Atmosphären wirksam ist. Für nicht so hohe Dampfspannungen ist indessen der Verlust wegen der geringeren Zusammenziehungen, der geringeren Reibung und der größeren Weite der Dampfröhren auch geringer, so daß man, wenn derselbe mit den Spannungen proportional zunähme, für 2 Atmosphären Spannung einen Verlust = 0,02 würde annehmen können; für eine Spannung von 4 Atmosphären einen Verlust 0,03 der ursprünglichen Dampfspannung; für 6 Atmosphären 0,04, und für 8 Atmosphären einen Verlust von 0,05; aber hinsichtlich der wahren Quantität dieses Verlustes bei sogenannten hohen Temperaturen ist wenig Zuverlässiges bekannt.

Wenn man auf die oben stehenden Berechnungen fußt (und dieses kann man insofern thun, als man mit Zuverlässigkeit annehmen darf, daß man dann für die Verluste durch die Abkühlung und durch die Mittheilung der Bewegung keinen zu großen, nominellen Theil der Kraft abzieht), so wird man annehmen dürfen, daß

wenn die Spannung des Dampfes im Kessel gleich ist derjenigen von		dessen Druck auf den niederl. Quadratzoll im Cylinder ziemlich gleich sein müsse:	
2	Atmosphären	1,985	niederl. Pf.
2½	"	2,480	" "
3	"	2,970	" "
3½	"	3,465	" "
4	"	3,955	" "
4½	"	4,450	" "
5	"	4,930	" "
5½	"	5,415	" "
6	"	5,890	" "
6½	"	6,360	" "
7	"	6,830	" "
7½	"	7,295	" "
8	"	7,750	" "
9	"	8,680	" "

Es sind die Verluste zusammengenommen geschätzt auf $\frac{1}{25}$ für Dampf von 1 bis 3 Atmosphären; auf $\frac{1}{24}$ für Dampf von 3 bis 4 Atmosphären, auf $\frac{1}{23}$ für Dampf von 4 bis 5 Atmosphären, auf $\frac{1}{22}$ für Dampf von 5 Atmosphären; auf $\frac{1}{21}$ für Dampf von 5½ Atmosphären u. s. w.

b) **Widerstand des Dampfes, der auf der anderen Seite des Kolbens aus dem Cylinder strömt.**

Dieser Widerstand wird gewöhnlich demjenigen von 1 Atmosphäre gleichgesetzt, weil es der Widerstand der atmosphärischen Luft ist, welcher bei'm Austreiben des Dampfes durch die Kraft überwunden werden muß; gleichwohl muß dieser Widerstand im Anfange des Ausströmens, wenn die Dampföffnung noch eng oder noch nicht ganz aufgeschlossen ist, größer sein, besonders auch, weil der Dampf, der eine größere Spannkraft, als die atmosphärische Luft besitzt, während er durch das Wasser der Warmwassercisterne schnaubend entweicht, mit dieser grö-

ßern Federkraft auf den Kolben zurückwirkt. Diesen größern Widerstand durch Berechnung zu bestimmen, ist nicht möglich, und Beobachtungen giebt es nicht. Er hängt auch zum großen Theil von der Vollkommenheit der Construction der Maschine ab, besonders von derjenigen der Schieberventile oder der Dampfhähne und von dem raschen Oeffnen und Schließen derselben. In den günstigsten Fällen kann der Widerstand das Mittel betragen zwischen dem vollen Dampfdruck im Cylinder während $\frac{1}{25}$ des ganzen Kolbenlaufes und dem Drucke des Dampfes von 1 Atmosphäre während $\frac{24}{25}$ des Kolbenlaufes; es kann also der Widerstand, welchen der Kolben von dem ausgetriebenen Dampfe auf den Quadratzoll erfährt, wenigstens angeschlagen werden zu

$$1 + \frac{1}{25} p' \text{ Pfunden;}$$

es bezeichnet p' den Dampfdruck auf den Quadratzoll im Cylinder, so wie derselbe in der vorhergehenden kleinen Tabelle angegeben ist.

Die Widerstände, welche die Theile der Maschine darbieten, und welche durch die Kraft überwunden werden müssen, sind: der Widerstand der Reibung des metallenen Dampfkolbens an der inneren Wandung des Dampfcylinders u. s. w.; — die Widerstände, welche die Kalt- und Warmwasserpumpen darbieten; — die Widerstände der Reibung der Achse des Balanciers, der Zapfen der Achse des Schwungrades und der Schieberventile oder Dampfhähne.

Die Widerstände aus Reibungen sind hier die beträchtlichsten, und besonders nehmen die Widerstände der Reibung des Kolbens und der Schieberventile mit der Vermehrung der Dampfspannung stark zu. In der dritten Abtheilung soll angegeben werden, inwiefern diese Widerstände durch Berechnung be-

stimmt werden können; jetzt ist es ausreichend, approximativ anzugeben, wie groß der nützliche Dampfdruck angenommen werden könne, d. h., wie viel Spannung der Dampf im Cylinder behält nach Abzug aller vorhandenen Widerstände und auch nach Abzug eines gewissen Ueberschusses, den die Kraft über die Last haben muß, welcher Ueberschuß hier jedoch nicht so groß genommen zu werden braucht, als für den Fall von niedrigdrückendem Dampf; denn für diesen Fall ist angenommen, daß die Kraft einer Maschine die Hälfte dessen sein könne, was die nominelle Kraft beträgt, weil bei Erweiterung des Drosselventiles, wie auch auf andere Weise, die Dampfhitze nur eine sehr geringe Erhöhung bedarf, um den niederen Dampfdruck von 0,51 bis 0,53 Pfund auf den Quadratzoll im Durchschnitt zu bringen auf 0,76 bis 0,80 Pfund, während die Theile der Maschine zugleich auch die nöthige Stärke dazu besitzen; aber auf die Anwendung von hochdrückendem Dampfe darf man dieses in demselben Verhältnisse keineswegs so geradezu anwenden; dieses hängt von Absichten und Umständen ab. Eine Maschine, welche mit dem äußersten Drucke von 4 Atmosphären zu arbeiten vermag, läßt man z. B. manchmal nur mit dem gewöhnlichen Drucke von 3 Atmosphären arbeiten u. s. w.; für die allgemeine Berechnung ist hier jedoch der Ueberschuß von nützlichem Druck, über welchen verfügt werden kann, zu nicht viel mehr, als zu $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{20}$ für mäßige bis starke Drucke angenommen.

In der unten folgenden Tabelle findet man also angegeben den verhältnißmäßigen Theil des totalen Druckes, den der Dampf sowohl im Kessel, als über den atmosphärischen Druck besitzt, und der als nützlicher Dampfdruck gerechnet werden kann. Für einen

Dampfdruck von 2 Atmosphären ist dieses nicht angegeben, weil der Nutzeffect eines solchen höchstens demjenigen des niedrigdrückenden Dampfes gleich steht. Ferner geben die Zahlen der letzten Columne die Anzahl niederländischer Pfunde nützlichen Druckes auf den niederländischen Quadratzoll, welche den ursprünglichen, angegebenen Dampfspannungen entsprechen; aber diese Zahlen und die erwähnten Verhältnisse sind nur Durchschnittsangaben und für einen Cylinder von 30 Zoll Durchmesser berechnet, so daß sie für größere oder kleinere Cylinder größer oder kleiner genommen werden müssen, wozu man als Maßstab die Verhältnisse annehmen kann, die in der kleinen Tabelle im vorhergehenden Kapitel angegeben sind.

Totale Spannung des Dampfes im Kessel, in Atmosphären.	Quantitäten des nützlichen Dampfdruckes, wenn der totale Duck = 1 ist.	Spannung des Dampfes im Kessel, über den atmosphärischen Druck, in Atmosphären.	Quantitäten des nützlichen Dampfdruckes, wenn derjenige des Dampfes über den atmosphärischen Druck = 1 ist.	Quantität des nützlichen Druckes in niederländ. Pfunden auf den niederländ. Quadratzoll.
2½	0,270	1½	0,4500	0,700
3	0,310	2	0,4650	0,960
3½	0,345	2½	0,4830	1,250
4	0,375	3	0,5000	1,550
4½	0,400	3½	0,5140	1,860
5	0,420	4	0,5250	2,170
5½	0,438	4½	0,5350	2,490
6	0,453	5	0,5430	2,810
6½	0,465	5½	0,5500	3,120
7	0,475	6	0,5550	3,435
7½	0,483	6½	0,5580	3,745
8	0,490	7	0,5600	4,050
8½	0,495	7½	0,5615	4,345
9	0,500	8	0,5625	4,650

Man kann von den in dieser Tabelle vorkommenden Zahlen mit ausreichender Sicherheit Gebrauch machen, wiewohl sie noch weit davon entfernt sind, die wahren Quantitäten der nützlichen Drucke anzugeben; denn für diesen Zweck müßten über den Nutzeffect des Dampfes bei Dampfmaschinen von hohem Druck erst eben so viele und mannichfaltige Beobachtungen angestellt werden, wie dieses bei Dampfmaschinen von niederem Druck in dieser Hinsicht bereits geschehen ist; in Bezug auf Dampfmaschinen von hohem Druck bleibt in diesem Betreff noch viel zu wünschen übrig. Stützt man sich aber auf die genaue Zusammensetzung der Theile einer Dampfmaschine, so sind die genannten Zahlen auch viel kleiner, als diejenigen, die man anzunehmen hat, um die äußerste Kraft einer Maschine zu bestimmen, und insofern kann man sich dann auch auf dieselbe verlassen.

Nimmt man also diese Zahlen an, so unterliegt es keiner Schwierigkeit, die Kraft einer Maschine von hohem Druck nach Pferdekräften zu bestimmen, indem dieselben Formeln dazu benutzt werden konnen, welche im vorigen Kapitel bereits angewendet sind, nämlich wenn der Durchmesser des Cylinders $= D$, der Druck des Dampfes in niederl. Pfunden auf den niederl. Quadratzoll $= p$, und die Geschwindigkeit des Kolbens per Secunde in niederl. Ellen $= S$ gegeben sind, so hat man, um die Anzahl der Pferdekräfte einer Maschine zu bestimmen, die Formel

$$P = 0{,}010343\ D^2\ p \cdot S,$$

woraus sich ergiebt, daß

$$D = 9{,}8328 \sqrt{\frac{P}{p \cdot S}}.$$

Den Durchmesser des Cylinders einer Dampfmaschine von 30 Pferdekräften zu bestimmen, welche mit Dampf von 4 At-

Totale Spannung des Dampfes im Kessel, in Atmosphären.	Quantitäten des nützlichen Dampfdruckes, wenn der totale Duck = 1 ist.	Spannung des Dampfes im Kessel, über den atmosphärischen Druck, in Atmosphären.	Quantitäten des nützlichen Dampfdruckes, wenn derjenige des Dampfes über den atmosphärischen Druck = 1 ist.	Quantität des nützlichen Druckes in niederländ. Pfunden auf den niederländ. Quadratzoll.
2½	0,270	1½	0,4500	0,700
3	0,310	2	0,4650	0,960
3½	0,345	2½	0,4830	1,250
4	0,375	3	0,5000	1,550
4½	0,400	3½	0,5140	1,860
5	0,420	4	0,5250	2,170
5½	0,438	4½	0,5350	2,490
6	0,453	5	0,5430	2,810
6½	0,465	5½	0,5500	3,120
7	0,475	6	0,5550	3,435
7½	0,483	6½	0,5580	3,745
8	0,490	7	0,5600	4,050
8½	0,495	7½	0,5615	4 345
9	0,500	8	0,5625	4,650

Dampf von beträchtlich hohem Drucke viel dadurch verloren, daß derselbe durch Fugen und Ritzen entweicht; die Abkühlung braucht auch bei Dampf von einem sehr hohen Drucke nicht beträchtlich zu sein und kann doch die Spannung desselben ansehnlich vermindern; die Gefahr eines großen Verlustes von Dampf und Dampfspannung wird ebenfalls größer in dem Verhältniß, in welchem der Dampfdruck höher wird; und endlich wird es mit der Zunahme der Dampfspannung auch stets schwieriger, die Feuerhitze so regelmäßig zu unterhalten, daß die Spannung des Dampfes gleichmäßig bleibt. Aus diesem Allen ergiebt sich nun, so viel uns jetzt bekannt ist, daß der Grad des sogenannten hohen Druckes innerhalb einer gewissen Grenze liegt, jenseits welcher man durch denselben einen verhältnißmäßig geringern Effect erhält, als mit Dampf von sogenanntem niedern Druck.

Selten geht der hohe Dampfdruck weiter, als bis zu 6 oder 7 Atmosphären über den Druck des Dunstkreises; meistens beträgt seine Spannkraft nur $2\frac{1}{2}$ bis 4 Atmosphären, und dann kann man im Durchschnitt annehmen, daß von diesem Druck über den Druck der Atmosphäre beinahe $\frac{27}{58}$ Nutzeffect ausmachen, was reichlich $\frac{2}{5}$ des totalen Druckes oder der Spannung des Dampfes im Kessel ausmacht. Diese Kraft kann im Falle der Noth bis auf $\frac{5}{8}$ des Druckes über denjenigen der Atmosphäre, oder reichlich bis auf $\frac{1}{2}$ der totalen Dampfspannung gebracht werden. Aber ohne die Maschine zu überladen, kann von der Kraft des Dampfes, wenn er mit niederem Drucke wirkt, auch $\frac{2}{5}$ nützlich verwendet werden, und es möchte deßhalb, die Sache an und für sich betrachtet, wenig Gewinn an Kraft mit der Anwendung des hochdrückenden Dampfes verbunden sein.

Wenn jedoch der Ofen des Kessels nicht sehr groß und gehörig eingerichtet ist, so kann die Anwendung von hochdrückendem Dampf vortheilhafter sein, als diejenige von niedrigdrückendem Dampf, und zwar aus dem Grunde, weil man eine geringere Quantität von Brennstoff nöthig hat (man vergleiche, was hierüber in der ersten Abtheilung schon vorläufig bemerkt worden ist, und was ferner in der dritten Abtheilung über diesen Punct ganz besonders mitgetheilt werden soll). Dieser Vortheil ist jedoch häufig geringer, als man sich im Allgemeinen vorzustellen pflegt; und um denselben zu erlangen, hängt Alles von der Größe des Feuerheerdes und Kessels, sowie von der vollkommenen Einrichtung und Construction derselben ab; und diesem Vortheile gegenüber steht wieder der Nachtheil der geschwindern Abnutzung des Kessels und der mannichfaltigen Reparaturen vieler Theile der Dampfmaschine, besonders wenn die Spannung und Temperatur des hochdrückenden Dampfes beträchtlich sind.

Aber die wahren, ganz allgemein erkannten Vortheile, mit dem Gebrauche der Dampfmaschinen von hohem Drucke verbunden, bestehen in Folgendem:

1) Daß wegen Abwesenheit einer Luftpumpe in diesen Maschinen — wegen des geringern Volumens des Dampfcylinders — und wegen der wenigen Kraft, welche die Kalt- und Warmwasserpumpen in Anspruch nehmen, die Widerstände während des ganzen Kolbenzuges und sowohl bei dem Hub, als bei dem Schub des Kolbens beinahe unveränderlich sind und deßhalb die Regelmäßigkeit der Bewegung am Wenigsten stören.

2) Daß, weil der Dampf, nachdem er benutzt worden, nicht condensirt wird, sehr wenig Wasser und besonders kein kaltes Wasser nöthig ist, um die Maschine fortdauernd im Gange zu erhalten, was an Orten, wo es an Wasser fehlt, einen Grund abgeben

kann, einer Dampfmaschine mit hohem Druck vor einer andern den Vorzug zu geben.

3) Daß die Dampfmaschinen von hohem Druck, wenn der Dampf z. B. mit einer Spannung von wenigstens 4 Atmosphären arbeitet, einen viel kleinern Kolben bedürfen, als die Maschinen von niederem Druck, um dieselbe Quantität von Wirkung überzutragen (so haben wir z. B. weiter oben das Resultat erhalten, daß der Durchmesser des Cylinders einer Dampfmaschine von 30 Pferdekräften, welche mit Dampf von 4 Atmosphären arbeitet, 38 Zoll betragen müsse, während dieser Durchmesser wenigstens 62 Zoll betragen müßte, wenn die Maschine mit niedrigdrückendem Dampfe arbeitet, und dann auch kein Uebermaß von $\frac{1}{2}$ der nominellen Kraft für niedrig drückenden Dampf gerechnet wird), und daß sie natürlich ein geringeres Volumen und geringere Schwere besitzen und deßhalb den Vortheil gewähren, leicht zu sein und wenigen Raum einzunehmen, so daß dadurch auch die Aufstellung einer gut eingerichteten Dampfmaschine in Beschränktheit des Raumes selten Schwierigkeiten findet, während die Kosten der Verfertigung und Aufstellung mit der geringern Größe der Maschine natürlich auch geringer werden müssen.

Wenn jedoch der Ofen des Kessels nicht sehr groß und gehörig eingerichtet ist, so kann die Anwendung von hochdrückendem Dampf vortheilhafter sein, als diejenige von niedrigdrückendem Dampf, und zwar aus dem Grunde, weil man eine geringere Quantität von Brennstoff nöthig hat (man vergleiche, was hierüber in der ersten Abtheilung schon vorläufig bemerkt worden ist, und was ferner in der dritten Abtheilung über diesen Punct ganz besonders mitgetheilt werden soll). Dieser Vortheil ist jedoch häufig geringer, als man sich im Allgemeinen vorzustellen pflegt; und um denselben zu erlangen, hängt Alles von der Größe des Feuerheerdes und Kessels, sowie von der vollkommenen Einrichtung und Construction derselben ab; und diesem Vortheile gegenüber steht wieder der Nachtheil der geschwindern Abnutzung des Kessels und der mannichfaltigen Reparaturen vieler Theile der Dampfmaschine, besonders wenn die Spannung und Temperatur des hochdrückenden Dampfes beträchtlich sind.

Aber die wahren, ganz allgemein erkannten Vortheile, mit dem Gebrauche der Dampfmaschinen von hohem Drucke verbunden, bestehen in Folgendem:

1) Daß wegen Abwesenheit einer Luftpumpe in diesen Maschinen — wegen des geringern Volumens des Dampfcylinders — und wegen der wenigen Kraft, welche die Kalt- und Warmwasserpumpen in Anspruch nehmen, die Widerstände während des ganzen Kolbenzuges und sowohl bei dem Hub, als bei dem Schub des Kolbens beinahe unveränderlich sind und deßhalb die Regelmäßigkeit der Bewegung am Wenigsten stören.

2) Daß, weil der Dampf, nachdem er benutzt worden, nicht condensirt wird, sehr wenig Wasser und besonders kein kaltes Wasser nöthig ist, um die Maschine fortdauernd im Gange zu erhalten, was an Orten, wo es an Wasser fehlt, einen Grund abgeben

kann, einer Dampfmaschine mit hohem Druck vor einer andern den Vorzug zu geben.

3) Daß die Dampfmaschinen von hohem Druck, wenn der Dampf z. B. mit einer Spannung von wenigstens 4 Atmosphären arbeitet, einen viel kleinern Kolben bedürfen, als die Maschinen von niederem Druck, um dieselbe Quantität von Wirkung überzutragen (so haben wir z. B. weiter oben das Resultat erhalten, daß der Durchmesser des Cylinders einer Dampfmaschine von 30 Pferdekräften, welche mit Dampf von 4 Atmosphären arbeitet, 38 Zoll betragen müsse, während dieser Durchmesser wenigstens 62 Zoll betragen müßte, wenn die Maschine mit niedrigdrückendem Dampfe arbeitet, und dann auch kein Uebermaß von $\frac{1}{4}$ der nominellen Kraft für niedrig drückenden Dampf gerechnet wird), und daß sie natürlich ein geringeres Volumen und geringere Schwere besitzen und deßhalb den Vortheil gewähren, leicht zu sein und wenigen Raum einzunehmen, so daß dadurch auch die Aufstellung einer gut eingerichteten Dampfmaschine in Beschränktheit des Raumes selten Schwierigkeiten findet, während die Kosten der Verfertigung und Aufstellung mit der geringern Größe der Maschine natürlich auch geringer werden müssen.

Viertes Kapitel.

Beschreibung der Eigenthümlichkeiten der Einrichtung von Dampfmaschinen, welche bei niederem und hohen Druck mit Expansion des Dampfes arbeiten; Berechnung des Nutzeffectes dieser Maschinen u. s. w.

Bereits in der ersten Abtheilung ist auseinandergesetzt worden, auf welche Weise der Dampf in einer Maschine durch Expansion wirken, und welche Vortheile aus dieser Wirkungsart entstehen können. Sie bestehen hauptsächlich darin, daß

1) die Communication zwischen dem Dampfkessel und dem Cylinder vor dem Ende des Kolbenlaufes abgesperrt und also der Kolben für den noch nicht zurückgelegten Theil seines Weges allein durch die Kraft des Dampfes, der sich gerade im Cylinder befindet, bewegt werden muß, weßhalb dieser Dampf, da er an Quantität nicht zunimmt, sich vermöge seiner Elasticität in dem Maße ausdehnen muß, in welchem der Kolben vorwärts getrieben wird; oder daß

2) der Dampf, nachdem er auf einen Kolben gewirkt hat, bevor er entweicht oder condensirt wird, in einen größern Cylinder übertritt und auf einen zweiten Kolben durch Ausdehnung wirken muß.

Die Maschinen, in deren Cylindern der Dampf durch Expansion wirkt, können sein von niederem, von hohem, oder von sogenanntem mittlern Druck. Von niederem Drucke sind diese Maschinen, wenn Dampf von einem den atmosphärischen nicht viel übertreffenden Druck angewendet, und dieser Dampf, nachdem er gewirkt hat, condensirt wird.

Sie sind von hohem Druck, wenn der Dampf mit hohem Drucke arbeitet und, nachdem er durch Expansion gewirkt hat, ohne condensirt zu werden, in die Atmosphäre entweicht.

Eine Dampfmaschine von mittlerem Druck ist eine solche, in welcher der Dampf, nachdem er mit einem hohen Druck und durch Expansion auf den Kolben, oder auf die Kolben gewirkt hat, in einem Condensator abgekühlt wird, wie dieses bei Maschinen von niederem Drucke der Fall ist.

Obschon die Kessel der Expansions-Dampfmaschinen manchmal eine ganz andere Form haben, als die früher beschriebenen, so thut es doch für den gegenwärtigen Zweck nicht Noth, die besondern Formen zu beschreiben, weil die Kessel auch dieselbe Form haben können, oder oft auch unter keiner andern Form vorkommen, als unter welcher man sie bei gewöhnlichen Nieder- oder Hochdruckmaschinen antrifft. Sie können allein etwas kleiner ausfallen, als die Kessel der Maschinen, in welchen der Dampf stets mit vollem Druck und nicht durch Expansion wirkt, wobei nämlich vorausgesetzt wird, daß die Cylinder dieser Maschinen von denselben Dimensionen, wie diejenigen einer Dampfmaschine seien, in welcher der Dampf durch Expansion wirkt. Häufig giebt man jedoch den Kesseln dieser Maschinen keine kleineren Dimensionen, damit sie eine ausreichende Capacität besitzen für den Fall, daß man die Maschine auch mit vollem Druck während des ganzen Kolbenzuges will arbeiten lassen.

Es ist allein die Einrichtung des Cylinders, oder vielmehr die Einrichtung der mechanischen Theile, durch welche die Communication zwischen dem Cylinder und dem Kessel, und zwischen dem Cylinder und der Atmosphäre, oder auch dem Condensator aufgeschlossen oder abgesperrt wird, welche bei den

meisten Dampfmaschinen, die durch Expansion des Dampfes wirken, sehr abweichend sein kann von derjenigen, welche in gewöhnlichen Maschinen, die mit vollem Druck oder nur mit einer sehr geringen Ausdehnung des Dampfes wirken, angetroffen wird. Worin diese Eigenthümlichkeiten der Einrichtung bestehen können, dieses soll speciell angegeben werden, bevor wir zur Bestimmung des Effectes oder der Kraft der Maschinen selbst übergehen.

Die Hochdruckmaschinen mit Expansion und ohne Condensation sind heutzutage die gebräuchlichsten; sie sind auch die einfachsten und am Leichtesten zu construiren. Da man sich nun mit dem Bau dieser Art Maschinen am Meisten beschäftigte, mußte man natürlich Mittel suchen, durch welche die Dampfvertheilung am Vortheilhaftesten bewirkt würde, sei es nun, daß man eine veränderliche oder eine unveränderliche Expansion beabsichtigte. Unter den verschiedenen bis jetzt angewandten Methoden, wodurch eine Dampfexpansion bewerkstelligt wurde, wollen wir folgende hervorheben.

1) Man ließ anfangs den Dampf in einem zweiten Cylinder, welcher drei-, vier- bis fünfmal soviel Rauminhalt hatte, als der erste, worein bloß Dampf mit vollem Druck gelassen wurde, sich expandiren. Nachdem nun der Dampf mit vollem Druck auf den Kolben des kleinen Cylinders gewirkt hatte, ließ man ihn durch Expansion in dem größeren wirken. Dieses System ist bei der Maschine von Edwards angewandt und kommen wir darauf zurück.

2) Expansion in einem und demselben Cylinder und zwar mittelst eines zweiten Dampfschiebers, welcher dem gewöhnlichen Schieberventil beigegeben wird. Der zweite, kleinere Dampfschieber liegt bei dieser Vorrichtung in einer besondern Dampfbüchse,

welche auf der Hauptdampfbüchse angebracht ist, worin das Schieberventil, das den Dampf über und unter den Kolben leitet, sich bewegt; der kleinere Schieber unterbricht nach einer gewissen Bewegung des Kolbens den Dampfzufluß zum Haupt-Schieberventile. Dieser zweite Schieber kann mit dem ersten die gleiche oder eine zweimal so große Geschwindigkeit haben, je nachdem man ihn einen kleineren oder einen gleichen Weg machen lassen will, oder je nachdem es wünschenswerth erscheint, daß er die Dampfmündung abwechselnd von beiden Seiten oder immer nur von einer Seite her verschließt. In beiden Fällen ist der Grad der Expansion veränderlich; jedoch muß, wenn die Expansion verändert werden soll, die Maschine jedesmal still gestellt werden. Dieses System ist z. B. bei der Maschine von Imbert angewandt, auf welche wir später zurückkommen.

3) Expansion durch denselben Schieber bewirkt, welcher die Dampfvertheilung besorgt. Diese Art von Expansion läßt sich auf verschiedene Weise herstellen. Entweder durch ein einfaches Kreisexcentricum, oder überhaupt durch ein Excentricum von irgend einer Curve, oder durch ein doppeltes Excentricum, bei welchem sich ein Theil auf dem andern verschieben läßt. Falls ein einfaches Kreis-Excentricum angewandt wird, giebt man der Dampfmündung eine größere Höhe, als es bloß zum Zulassen des Dampfes nothwendig wäre, und dem Dampfschieber auch ein verhältnißmäßig größeres Spiel. Man stellt das Excentricum sogar auch so, daß es dem Krummzapfen vorläuft oder hinter demselben zurückbleibt, statt mit demselben zu gehen. Dies geschieht vorzüglich bei den Schiffsmaschinen. Wendet man ein einfaches, anders gekrümmtes Excentricum an, so ist ein Theil desselben so construirt, daß es den Schieber bewegt, um während eines Theiles des Kolbenhubes

die Dampfmündung zu öffnen, sein anderer Theil hingegen so eingerichtet, daß er diese Mündung verschließt nnd während des noch übrigen Theiles des Kolbenhubes geschlossen erhält. Um die Expansion veränderlich zu machen, muß man das Excentricum entweder ganz auswechseln, oder doch wenigstens denjenigen Theil desselben, welcher die Mündung schließt und geschlossen erhält. Wendet man ein doppeltes Excentricum an, bei welchem eines auf dem andern gleitet, so ist nur das eine davon auf der Achse fest, und der Schieber muß so eingerichtet sein, daß er einen anderthalb Mal so großen Weg, als gewöhnlich, macht. Diese Methode, welche von Hrn. Saulnier sen. und einigen andern Maschinenbaumeistern angewandt wurde, gestattet eine Veränderung der Expansion ebenfalls nur dann, wenn die Maschine still gestellt wird.

Expansion durch Schieber hervorgebracht, welche auf dem Haupt-Schieberventile liegen und sich auf demselben verschieben lassen. Dieses System, welches von Farcot angewandt wurde, ist sehr vortheilhaft, weil die Absperrschieber durch den Regulator selbst bewegt werden können und folglich die Expansion dadurch während des Ganges der Maschine veränderlich gemacht wird. Aehnliche Mittel wurden von Hrn. Edwards vorgeschlagen und von ihm, Hrn. Pauwels und einigen englischen Ingenieuren ausgeführt.

5) Expansion durch eine bewegliche Scheibe, die auf der kreisförmigen Scheibe liegt, durch welche die Dampfvertheilung hervorgebracht wird. Dieses Verfahren, welches von Hrn. Cavé bei seinen oscillirenden Maschinen angewandt wurde, ist sehr einfach. Da hierbei die Dampfvertheilung durch eine kreisförmige Scheibe, welche eine ununterbrochene rotirende Bewegung erhält und mit einer Oeffnung versehen

ist, die abwechselnd die Verbindung mit dem oberen und unteren Dampfzuleitungscanale und Cylinder herstellt, bewerkstelligt wird, so ist leicht einzusehen, daß, wenn man auf diese Scheibe eine andere, ganz ähnliche, mit gleicher Oeffnung legt, durch welche der vom Kessel kommende Dampf gehen muß, dann — je nachdem diese Oeffnung mehr oder weniger mit der Oeffnung in der ersten Scheibe zusammenfällt — letztere früher oder später geschlossen und folglich der Dampfzufluß über und unter dem Kolben früher oder später unterbrochen wird. Die zweite Scheibe ist an einer Achse befestigt, welche man mit der Hand dreht, und der man eine feste Stellung giebt. Daraus folgt, daß man die Expansion veränderlich machen kann, ohne die Maschine stille zu stellen.

6) Expansion durch die Admissionsklappe hervorgebracht. Herr Maudslay und mit ihm einige andere Maschinenbaumeister brachten an der verschiebbaren Hülse des Centrifugalregulators einen helicoïdischen Hebedaumen an, welcher auf das Ende eines beweglichen Hebels wirkt, der mit der Admissionsklappe im Dampfzuleitungsrohr in Verbindung ist. Sobald der Hebedaumen steigt, schließt er die Klappe, und umgekehrt. Dieses Mittel, welches schon vor längerer Zeit vorgeschlagen war, wurde bei den Maschinen des Hrn. Meyer in Mühlhausen mit gutem Erfolge angewandt. Nur muß die Admissionsklappe mit großer Genauigkeit adjustirt sein, um die Dampfmündung vollkommen abzuschließen.

7) Expansion durch die Vertheilungsventile. An Maschinen, bei welchen der Dampf durch conische Ventile vertheilt wird, läßt sich am Leichtesten eine Expansinsvorrichtung anbringen, und zwar durch Excentrica, welche die Ventile heben, während eines Theiles des Kolbenlaufes gehoben erhalten und dann sie für den übrigen Theil des Kolbenlaufes fallen

lassen, um den Dampf abzusperren. Herr Gengembre baute mehrere Maschinen dieser Art, auch befinden sich in Cornwallis viele sehr starke Maschinen, denen dieses Expansionsprincip zu Grunde liegt.

8) Man bewirkt auch die Expansion durch das Schieberventil, wenn dieses durch Hebel und Stangen von der Bläuelstange aus bewegt wird. Dieses System wurde von Hrn. Hawthorn bei seinen Locomotiven angewandt und von Hrn. Schneider in Creuzot bei seiner Maschine mit liegendem Cylinder, welche als Fördermaschine dient.

9) Die Expansionsvorrichtung von Trésel in Saint-Quentin ist aus zwei Schiebern zusammengesetzt, von welchen einer zur Dampfvertheilung, der andere zum Absperren desselben dient. Diese Schieber, welche nebeneinander liegen, werden durch zwei Excentrica, die von einander unabhängig, aber einander ähnlich sind und verschiedene Wege machen, bewegt. Wir werden weiter unten eine Maschine von Trésel genauer beschreiben.

Worin im Allgemeinen auch die Mittel bestehen mögen, durch welche die Vertheilung und Absperrung des Dampfes bewerkstelligt wird, der Zweck bleibt immer der nämliche, nämlich den Dampf während eines Theiles des Kolbenlaufes einströmen zu lassen und ihn dann während des übrigen Theiles des Kolbenlaufes abzusperren. Wir wollen nun die so wichtigen Expansionsvorrichtungen näher kennen lernen.

1. Beschreibung der besondern Einrichtung der Cylinder u. s. w. von den Expansions-Maschinen mit einem Cylinder.

Wenn der Dampf durch Expansion in einem Cylinder wirkt, so nimmt man an, daß seine Spannkraft in demselben Verhältnisse abnimmt, in welchem der Raum, in dem er sich ausdehnt, zunimmt. Die-

ses Gesetz wird wahrscheinlich um so genauer sein, je weniger sich die Temperatur des Cylinders während der Bewegung des Kolbens verändert. Es ist deßhalb nöthig, daß die Temperatur des Cylinders soviel wie möglich gleichmäßig auf der Temperatur des Dampfes erhalten werde, der jedesmal in den Cylinder einströmt. Der Cylinder muß folglich mit einem Mantel versehen werden, in welchen der Dampf aus dem Kessel übertritt und den Cylinder umgiebt, man müßte denn gesonnen sein, die Abkühlung des Cylinders auf eine andere Weise zu verhindern. Mit Ausnahme der Art und Weise, wie die Schieber oder Dampfhähne ꝛc. ihre Steuerung erhalten müssen, kann dann die Einrichtung des Cylinders ganz so sein, wie sie Fig. 46 angegeben ist, mag nun die Maschine durch Dampf von hohem oder von niedrigem Druck in Bewegung gesetzt werden. In Fig. 70, Taf. IX. ist jedoch diese Einrichtung zum bessern Verständnisse des Gegenstandes, der jetzt erklärt werden soll, etwas anders dargestellt, und es ist gegenwärtig von keinem Belang, ob diese Einrichtung zweckmäßiger oder unzweckmäßiger, als die eben angegebene sei.

E E' Dampfcylinder, in welchem der Kolben spielt; über denselben ist der Mantel **F F'** gesetzt, in welchem die Röhren der Dampföffnungen **C, D, C', D'** befestigt sind, mit denen er an der Hinterplatte **abc** der Dampfkammer **BB** verbunden ist; in letzterer befinden sich die Schieber **G** und **G'**; diese Platte kann auch unmittelbar am Mantel liegen und mit demselben ein Ganzes ausmachen. Der Cylinder steht mit seinem Mantel auf dem Deckel des hohlen Cylinders **H**, in welchem die untere Dampföffnung angebracht ist, und unter welchen man (sowie auch über den Cylinderdeckel) gleichfalls den Dampf treten

lassen kann, um auch diesen Cylinder beständig bei gleicher Temperatur zu erhalten.

Es wird vorausgesetzt, daß der Dampf in den Raum des Mantels bei A, oder, was noch besser ist, bei dem Puncte E' eintrete und von da durch die Oeffnungen C und C', durch die Höhlungen der Schieber G und G' und ferner durch die Dampföffnungen D und D' in den Cylinder gelange, während er, wenn er an der einen oder andern Seite des Kolbens benutzt worden ist, und so lange der entsprechende Schieber aufgezogen ist, in den Raum der Kammer BB' tritt und von da endlich durch eine Röhre I in den Condensator kommt, oder durch einen Wasserbehälter in die atmosphärische Luft entweicht. Die Kammer BB', von welcher in Fig. 71 ein Aufriß, von Hinten gesehen, gegeben ist, ist deßhalb keine Dampfbüchse; sie nimmt bloß den benutzten Dampf auf und enthält die Schieber nebst deren Stangen oder Spindeln, durch welche sie bewegt werden. Statt solcher Spindeln sind indessen die Schieber hinten mit einer gezahnten Stange hh' versehen, in welche gezahnte Kreisbogenstücke dd' eingreifen, deren horizontale Wellen durch die eine Seite dieser Kammer luftdicht durch Stopfbüchsen laufen, um außerhalb dieser Kammer von irgend einem Maschinentheile eine abwechselnd drehende Bewegung zu bekommen.

In einer Maschine, welche mit Expansion arbeitet, kommt es hauptsächlich darauf an, daß die Schieber eine genaue Bewegung haben, damit der Dampf zur rechten Zeit und nur während eines bestimmten Theiles des Kolbenzuges in den Cylinder übertreten und, nachdem er benutzt worden, unbehindert während des ganzen folgenden Kolbenzuges entweichen könne. Wir wollen z. B. den Fall annehmen, in welchem der Dampf nur während des vierten Theiles des

Kolbenzuges in den Cylinder treten kann, um während der übrigen $\frac{7}{8}$ des Kolbenlaufes durch Expansion zu wirken. Sobald in diesem Falle der Kolben niedersteigt, muß der obere Schieber G so geschwind wie möglich aufgeschoben werden, damit der Dampf während des größten Theiles der Zeit $\frac{1}{4}$ t (wenn man nämlich die Dauer eines ganzen Kolbenzuges durch t bezeichnet) durch die Oeffnungen C und D in den Cylinder eintreten könne. In demselben Augenblicke muß der untere Schieber G' ebenso geschwind wie möglich aufgeschoben werden, damit der Dampf aus dem Raume unter dem Kolben abfließen könne. Der Stand beider Schieber ist dann so, wie er Fig. 72, Nr. 1 angegeben ist. Selbst ehe noch die Zeit $\frac{1}{4}$ t verlaufen ist, muß der obere Schieber G wieder niedergezogen werden, so daß die ebene Seite e f — welche 2 bis 3 Zoll höher ist, als die Höhe der Dampföffnungen — die Oeffnung D gänzlich bedekken kann.

Der unter Schieber bleibt jedoch in dem vorigen Stande, so daß dann der Zutritt des Dampfes oben in den Cylinder abgesperrt ist, während der Dampf, welcher unter dem Kolben gedient hat, immer unbehindert entweichen kann (siehe Fig. 72, Nr. 2). Der obere Schieber G muß nun während $\frac{3}{4}$ t in diesem Stande bleiben, oder vielmehr während beinahe $\frac{7}{8}$ t, damit der Dampf einen kleinen Augenblick vor dem Ende des Kolbenlaufes bereits entweichen könne, auf daß die Veränderung der Richtung der Kolbenbewegung sanft sei und der Dampf, welcher nachher unter den Kolben tritt, den kleinstmöglichsten Widerstand finde.

Da der Dampf unter den Kolben treten muß, gerade wenn der Kolbenzug vollendet ist, so muß der untere Schieber G' bereits vor dem Ende des Kolbenzuges, z. B. im Augenblick von $\frac{7}{8}$ t, nieder-

wärts bewegt werden, so daß die untere Da
nung D' von der ebenen Platte gi in dem
blicke bedeckt sei, in welchem die Platte ef de
Schiebers G die Oeffnung D verläßt, u
Dampf im obern Theile des Cylinders entwei
lassen (siehe Fig. 72, Nr. 8).

Die beiden Schieber werden nun zugleich
schwind wie möglich niedergedrückt (Fig. 72,
und 5); der obere G, um den Dampf a
obern Theile des Cylinders so unbehindert wi
lich abfließen zu lassen, der untere G', da
Dampf während des größtmöglichen Theiles d
$\frac{1}{4}$ t durch die Oeffnungen C' und D' un
Kolben gelangen könne. Schon vor Ablauf d
$\frac{1}{4}$ t wird der Schieber G' wieder so weit aufg
daß die Dampföffnung D' von der ebenen
Platte gi vollkommen bedeckt wird (Fig. 72,
Die obere Oeffnung D bleibt während $\frac{7}{8}$ t g
offen, wird aber alsdann allmälig enger (F
Nr. 7), bis sie ganz geschlossen ist, worauf na
lauf von beinahe $\frac{8}{8}$ t der untere Schieber wied
gezogen werden muß, um, mit dem obern S
zugleich weiter rückend, den Dampf bereits unt
dem Cylinder entweichen zu lassen, noch ehe e
72, Nr. 8), ganz wie vorher (Fig. 70), wied
Oben zugelassen wird.

Um besser abnehmen zu können, welch
Zeiten und die Längen der Bewegung beider
ber sind, so ist der Inhalt des eben Gesagte
lich dargestellt in Fig. 73. Die Linien ab, c
a'b', c'd' drücken die Länge des ganzen Kolbe
für seinen Hub und Schub aus; die ganzen
der Linien bezeichnen die Zeiten und die Läng
Bewegung der Schieber, und die punctirten
deuten folglich die Zeiten an, während welc
Schieber in Ruhe sind. Die Bewegung des

Schiebers ist dargestellt auf der Linie AB; diejenige des untern Schiebers auf der Linie CD. Von a und a' bis b und b' geht der Kolben nieder, und von c und c' bis d und d' geht er empor — die Richtung der Bewegung der Schieber ist durch kleine Pfeile angegeben. — Die Zeit des Kolbenzuges ist in 8 gleiche Theile getheilt in der Voraussetzung, daß der Dampf während ¼ dieser Zeit in den Cylinder fließe, aber dieselben Folgerungen sind auch auf den Grund der Sache anwendbar für den Fall, daß die Zeit des Eintretens oder des Absperrens sollte anders bestimmt werden müssen.

Wenn man die Bewegung dieser beiden Schieber beobachtet, so wird man die Bemerkung machen, daß sie nicht immer gleichzeitig und auch beide nicht immer in derselben Richtung bewegt werden. Folglich können sie, streng genommen, nicht durch dieselbe Stange verbunden sein, sondern es muß jede besonders bewegt werden; wenigstens wird das Oeffnen und Schließen der Schieber der Zeit und dem Maße nach nur sehr unvollkommen erlangt, wenn nur ein einziger Schieber vorhanden ist, oder selbst auch zwei, die durch eine Stange mit einander verbunden sind. Dieses ist jedoch nicht anwendbar auf den Fall, wo die Absperrung des Dampfes erst bei ¾ des Kolbenlaufes erfolgen soll; denn dazu kann ein Schieber oder zwei mit einander verbundene Schieber sehr gut benutzt werden, wie auch in der folgenden Abtheilung seines Ortes angegeben werden soll.

Die beste Weise, wie die wiederkehrend geradlinige Bewegung der Schieber mit Zwischenräumen erlangt wird, besteht unter Anderm darin, daß man dieselbe von einer ununterbrochenen kreisförmigen Bewegung ableitet, z. B. von der Bewegung der Schwungradswelle, welche hier, wie auch früher vorausgesetzt worden ist, durch einen Balancier nebst

einer Kurbel bewegt werden soll und also ein
umdreht, während der Dampfkolben einen d
Zug vollbringt. Um diese Bewegung von d
des Schwungrades abzuleiten, möchten exc
Scheiben das dienlichste Mittel darbieten (sie
ten Theiles zweite Abtheilung), so daß mit d
des Schwungrades zwei gleiche und ähnliche exc
Apparate verbunden werden müssen, welche
gegengesetzten Richtungen auf die beiden Sch
wirken haben. Um zu erfahren, wie die Ein
dieser excentrischen Apparate beschaffen sein
möge M Fig. 74 den Durchschnitt der Achse
nen, auf welcher das Schwungrad sitzt, un
setze zugleich voraus, daß der verlangte exc
Apparat unmittelbar auf einen der Schieber,
auf den obern Schieber G, wirke; pq stelle
Schieber, oder lieber die Richtung desselben d
welcher er bewegt werden muß, und die Läng
gewissen Punctes I bis C die größte Ausd
dieser Bewegung. Befindet sich der Schieber
niedrigsten Stande, Fig. 72, Nr. 6, so ist d
Dampföffnung ganz aufgeschlossen, um den
abfließen zu lassen; befindet er sich in seinem
Stande, Fig. 72, Nr. 1, so ist die Dampf
auch ganz aufgeschlossen, um den Dampf e
zu lassen. Von dem tiefsten Stande (Fig. 7
6) bis zum höchsten (Nr. 1) wird der Schieb
einen Zwischenraum vorwärts bewegt (Nr. 6
und 1), und auf beinahe der Hälfte seines
(Nr. 8) ist er in dem Stande, wo eben der
oben in den Cylinder treten soll, um den
niederzutreiben. Schneidet man nun die Li
Fig. 74 in B mitten durch, so wird der Sch
dem genannten Augenblicke in B angelangt sei
sen; man beschreibe aus M mit BM als Radi
Halbkreis BEFG und lasse BE = $\frac{1}{4}$ dieses

Umkreises sein; damit nun die Scheibe bei jedem Kolbenzuge eine halbe Umdrehung vollende, und damit der Dampf während $\frac{1}{4}$ dieses Zuges in den Cylinder eintreten könne, so muß die Scheibe oder das Excentricum einen Bogen B E beschreiben, während der Schieber p q geöffnet und geschlossen wird.

Man nehme nun den Bogen A J = a J = K b, so klein als dieses möglich ist, z. B. $\frac{1}{10}$ der halben Peripherie des Kreises J M; man ziehe die Radien M a, M a d und M b c, und durch die Puncte A, B und d, wie auch durch die Puncte c und E die krummen Linien A B d und c E (die mit den Kreisbögen A H, d c und E F nach einer ordentlich runden Gestalt vereinigt werden müssen), so leuchtet es von selbst ein, daß bei der Bewegung der excentrischen Scheibe in der Richtung F E der Schieber p q ziemlich regelmäßig von dem niedrigsten bis zum höchsten Stande längs der krummen Linie A B d emporgeführt werden müsse; bei B wird er die obere Dampföffnung aufschließen, damit der Dampf eintreten könne — bei d wird die Oeffnung vollständig sein und vollständig bleiben von d bis c, während der Schieber alsdann still steht — und nimmt man an, daß der Schieber durch eigene Schwere wieder niedersteigen könne, so wird er dieses wirklich längs der krummen Linie c E thun, so daß, wenn der Punct E bis zum Puncte L gedreht ist, der Schieber auch in E angelangt sein wird; und da der Punct E auf derselben Höhe mit dem Puncte B liegt, so wird alsdann die obere Dampföffnung wieder geschlossen sein.

Während der kreisförmige Theil E F des Excentricums unter dem Schieber sich fortbewegt, bleibt diese unbeweglich und hält auf diese Weise die Dampföffnung während dieser Bewegung (d. i. während beinahe der übrigen $\frac{3}{4}$ des Kolbenlaufes) geschlossen.

Schon vor dem Ende des Kolbenlaufes muß der Schieber niederzusteigen beginnen, um oben aus dem Cylinder den Dampf entweichen zu lassen (Fig. 72 Nr. 3, 4 und 5), er muß dann so geschwind wie möglich in den niedrigsten Stand gebracht werden. Wenn man folglich **N O** = **N H** = z. B. $\frac{1}{16}$ des halben Umfanges **J M** nimmt, und ferner, nachdem man **M O F** gezogen hat, durch **F** und **H** die ordentliche krumme Linie **F H** construirt, so wird der Schieber längs dieser krummlinigen Kante in seinen tiefsten Stand gebracht werden, in welchem er während beinahe $\frac{7}{8}$ des zweiten Kolbenzuges verharren muß, während die excentrische Scheibe durch einen Bogen = dem Bogen **H A** bewegt wird, nach welcher Bewegung ein ganzer Umgang vollbracht ist, nämlich der Punct **A** wird wieder unter den Schieber **q p** gelangt sein, um dieselbe wie zuvor aufsteigen zu lassen u. s. w. Für den unteren Schieber muß natürlich eine ähnliche excentrische Scheibe angewendet werden, aber man muß sie gerade in einer entgegengesetzten Richtung auf der Achse **M** anbringen.

Da jedoch die Schieber gegen die vordere Platte **a b c** der Kammer **B B'** angedrückt werden, so können sie sich in keiner Richtung durch eigene Schwere bewegen, und die Fig. 53 giebt also bloß an, welche Form die excentrische Scheibe haben, nicht aber, wie dieselbe eingerichtet sein müsse. Auch wirkt die excentrische Scheibe nicht unmittelbar auf die Schieber, sondern durch Vermittelung einer Stange auf ein Kniestück, welches den gezahnten Bogen **d** oder **d'** Fig. 70 dreht u. s. w. Das Excentricum mit Auskehlungen zu versehen (zweiter Theil, zweite Abtheilung und Taf. V. Fig. 187 Nr. 1), um die genannte Stange sowohl in dieser, als in jener Richtung zu verschieben, ist für den gegenwärtigen Fall unzweckmäßig; die krummlinigen Ränder des Excentricums

müssen auf Rollen wirken, die in einem geschlossenen Ring oder Bügel sitzen, an welchem die Stange befestigt ist (man vergl. die eben citirte Stelle und die dazu gehörige Fig. 187 Nr. 2). Wenn ferner das Excentricum von A bis d einen eben so langen Weg hat, als die Schieber zurücklegen müssen, und dasselbe den Schieber in der kürzestmöglichen Zeit von dem höchsten in den tiefsten Stand zu versetzen hat, so muß die schiefe Ebene A B d sehr steil werden, und die Rolle, auf welche A B d wirkt, muß dann einen sehr großen Stoß bekommen, der in jeder Hinsicht nachtheilig auf das Excentricum, wenn auch nicht auf die übrige Maschine, wirken wird; und der Uebergang von der Ruhe zur Bewegung wird alsdann in keinem Falle unmerklich Statt finden. Um letzteren Uebelstand zu vermeiden und den eben erwähnten Stoß weniger fühlbar zu machen, gebe man der schiefen Ebene A B d eine geringe Höhe, z. B. den dritten oder vierten Theil der Länge der Bewegung der Schieber, und lasse also die Stange des Excentricums auf einen Hebelarm wirken, der nur den dritten oder den vierten Theil des Radius der gezahnten Bögen d oder d' (Fig. 70) beträgt, wodurch man alsdann doch die Schieber in der nöthigen Ausdehnung wird bewegen können.

Wir werden mehrere der neueren Vorrichtungen zur Bewegung der Expansionsschieber kennen lernen.

II. Beschreibung der besondern Einrichtung von Dampfmaschinen, in welchen der Dampf mit vollem Druck und durch Expansion in zwei miteinander in Verbindung stehenden Cylindern wirkt.

Wenn die Dampfmaschinen nach dem sogenannten Woolf'schen oder Edwards'schen Systeme eingerichtet sind, haben sie zwei neben einanderstehende Cylinder von verschiedenen Durchmessern. Der Dampf

geht aus dem Kessel in den kleinen Cylinder und tritt z. B. nach dem Niedergange des Kolbens aus dem kleinen Cylinder unter den Kolben des großen Cylinders, treibt diesen Kolben empor, während der kleine Kolben zugleich durch die Wirkung des aus dem Kessel unten in den kleinen Cylinder eintretenden Dampfes steigt; wenn die Kolben emporgetrieben sind, tritt der Dampf aus dem Raume unter dem kleinen Kolben oben in den großen Cylinder, um dessen Kolben niederzutreiben, während derjenige des kleinen Cylinders durch frischen Dampf aus dem Kessel niedergetrieben wird u. s. w. Der Dampf, welcher auf der einen oder der andern Seite des Kolbens im großen Cylinder seine Wirkung gethan hat und im größeren Raume dieses Cylinders ganz ausgedehnt worden ist, entweicht endlich in einen Condensator, um hier abgekühlt zu werden.

Die Kolben gehen also zugleich auf und nieder, und wenn sie einen kleinen Zug haben, können sie entweder in derselben Richtung auf zwei Balanciers gleichzeitig wirken, oder auch auf einen Balancier, wenn ihre Stangen für diesen Zweck durch ein Verbindungsstück oder einen Galgen vereinigt sind, oder wenn die Stangen an die vordere horizontale Querstange des Parallelogrammes, oder an sonst einen Punct angeschlossen sind. Auch können die Kolben einen verschiedenen Zug haben und doch auf denselben Balancier wirken, so daß die Kolbenstangen dann an solchen zwei Puncten des Balanciers befestigt sind, deren Entfernungen vom Drehungspuncte sich zu einander verhalten, wie die entsprechenden Räume, die von jedem Kolben bei einem Zuge durchlaufen werden. Endlich können die Kolben in entgegengesetzten Richtungen bewegt werden, sobald sie (wenn die Cylinder immer nebeneinander stehen) auf zwei Balanciers wirken müssen, die jedoch mittelst zweier Kur=

beln von entgegengesetzter Richtung ihre Bewegung derselben Welle mittheilen können.

Wie nun auch übrigens die Bewegung der Kolben sein möge, und auf welche Weise, oder durch welche mechanische Mittel sie ihre Bewegung auf andere Theile übertragen, so besteht doch in der Einrichtung dieser Maschinen der wesentliche Unterschied von anderen hauptsächlich in der Einrichtung der Cylinder und in der Steuerung, durch welche der Dampf regelmäßig den Cylindern zu- und von ihnen abgeführt wird. Die Steuerung besteht bei den sogenannten Woolf'schen Dampfmaschinen aus einer Verbindung verschiedener Hähne und ist sehr complicirt, wiewohl sie einen kleineren Raum einnimmt, als irgend eine andere Steuerungsweise. Gegenwärtig wollen wir, um eine klare Vorstellung zu geben, wieder, wie bei den bereits beschriebenen Maschinen geschehen ist, auseinandersetzen, wie die nöthige Zu- und Ablassung des Dampfes durch zwei Schieber regulirt werden könne, ohne daß wir deßhalb diese Einrichtung als die beste empfehlen. Es soll die ursprüngliche und, wie es scheint, gebräuchlichste Einrichtung in der folgenden Abtheilung noch ausführlich beschrieben werden.

A Fig. 75 kleiner Cylinder; B großer Cylinder; C geschlossener Raum, in welchem die Schieber thätig sind, und wohin sich der Dampf aus dem kleinen Cylinder ergießt, um in den großen überzutreten. Beide Cylinder sind mit Mänteln umgeben, deren Räume mit Dampf gefüllt werden, welcher aus dem Kessel unbehindert in dieselben eintreten kann. Vor Allem muß auch der geschlossene Raum C entweder durch Umgebung mit Dampf, oder auf eine andere Weise gegen Abkühlung geschützt werden, was zwar in Fig. 75 nicht deutlich angegeben ist. Mit den erwähnten Mänteln sind verbunden die ebenen Platten **abcd**, **efgh** (man vergleiche auch den Durchschnitt

nach der Linie X Y Fig. 76), in denen die verschiedenen Dampföffnungen sich befinden, und an welche die Dampfkammern D E und F G angeschraubt sind. Diese Kammern sind ganz hohl und durch Mittelwände i, k, l, m nur in zwei besondere Räume getheilt, von denen jeder mit den geschlossenen Räumen C und mit den Canälen P, Q mittelst rechtwinkeliger Oeffnungen o, p, q, r communiciren kann, wie sie auch, was aus der Figur ersichtlich ist, mit den oberen und unteren Theilen ihrer Cylinder A und B in Verbindung stehen. An den ebenen Vorderseiten dieser Kammern liegen Platten, längs welcher die Schieber H und I dampfdicht bewegt werden können. Wie weit sich die Höhlungen dieser Schieber in verticaler Richtung erstrecken und wie groß die Extension ihrer Bewegung ist, kann man aus der Figur, sowie aus der nächstfolgenden, bequem ersehen.

Es wird vorausgesetzt, daß der Dampf durch die Röhre K aus dem Kessel in den Raum zwischen dem kleinen Cylinder und seinem Mantel trete; von da gelangt er bei dem Aufsteigen der Schieber A in den Canal Q o und aus diesem über den Kolben des kleinen Cylinders. Während der Kolben noch niedergeht, wird der Schieber H wieder niederwärts bewegt; die obere Platte dieser Schieber bedeckt nachher die Oeffnung o, während die Oeffnung d von der unteren Platte dieser Schieber verschlossen wird; wenn alsdann die Oeffnung o mit dem Raume C in Communication tritt, so wird der Dampf aus dem oberen Theile des kleinen Cylinders abfließen, und gleich nachher wird der Schieber H so weit niedergegangen sein, daß der Dampf aus Q durch p unter den Kolben des kleinen Cylinders treten kann, um denselben wieder emporzutreiben u. s. w. Wenn der Dampf z. B. oben in den kleinen Cylinder eintritt und die Oeffnung o völlig in Communication mit der Oeff-

nung Q steht (wie die Figur angiebt), so steht die Oeffnung p zugleich in freier Communication mit dem Raume C, und da der Schieber I des großen Cylinders dann seinen tiefsten Stand eingenommen hat, so steht auch die Oeffnung q mit dem Raume C in völliger Communication, weßhalb der Dampf, der unter dem kleinen Kolben gewirkt hat und sich im Raume C vertheilt, alsdann in den großen Cylinder über dessen Kolben eintreten kann. Wenn der Schieber H niederbewegt worden, so ist der Schieber I zu gleicher Zeit aufgezogen, so daß der Dampf, welcher alsdann aus dem Raume über dem kleinen Kolben in den Raum C sich ergießt, durch die Oeffnung r unter den Kolben des großen Cylinders treten und ihn gleichzeitig mit dem kleinen Kolben emportreiben kann u. s. w. Aber wenn der Dampf in den großen Cylinder, z. B. über den Kolben tritt, so liegt der Schieber I auch über der Oeffnung r, oder über der Oeffnung q, wenn der Dampf unter den großen Kolben tritt, so daß dann der untere oder obere Theil des Cylinders durch die Oeffnungen r und q abwechselnd mit dem Canale P communicirt, welcher seitwärts nach dem Condensator läuft und den Dampf zuletzt ableitet.

Es läßt sich deßhalb hieraus abnehmen, daß die Bewegungen der beiden Schieber sich völlig gleich sind, aber nur in entgegengesetzter Richtung Statt finden; man kann deßhalb diese Schieber mittelst eines Getriebes L bewegen, welches zwischen den beiden Schiebern sitzt und in die Zahnstangen eingreift, die hinten mit denselben in Verbindung stehen. Die Zapfenspindel dieses Getriebes kann außerhalb der Kammer C ein Kniestück tragen, auf welches die Stange einer excentrischen Scheibe wirkt. Dieses Excentricum an der Welle des Schwungrades aufgezogen, kann ein gewöhnliches Kreisexcentricum sein, weil die

Bewegung der Schieber derjenigen des Schiebers einer gewöhnlichen Dampfmaschine ähnlich ist; jedoch wird es immer besser sein, ein Excentricum anzuwenden, welches so gestaltet ist, daß die Schieber in der kürzesten Zeit auf- und niedergezogen werden, weil dann die Dampföffnungen den größten Theil des Kolbenzuges über ihre größte Oeffnung behalten werden.

Um sich einen klaren Begriff von der Bewegung der Kolben und der Wirkung der Schieber zu machen, ist der Raum, in welchem letztere sich befinden, in Fig. 75, als zwischen den beiden Cylindern gelegen, dargestellt; er kann jedoch an der Seite oder vor den Cylindern sich befinden, in welchem Falle letztere nebeneinander liegen und beide mit einem und demselben Mantel umgeben werden können.

III. Nähere Beschreibung der verschiedenen neueren Expansionsmethoden bei feststehenden Dampfmaschinen.

1) Expansionsmethode des Hrn. Imbert. Das Excentricum, welches das Hauptschieberventil bewegt, ist auf der Schwungradachse fest und mit einer langen cylindrischen Nabe versehen, auf die ein zweites Excentricum aufgepaßt ist, welches verstellbar ist, so daß die Schieberbewegungen und dadurch der Grad der Expansion in dem Cylinder verändert werden können. Jedes der beiden Excentrica ist mit einem eisernen Ringe, der aus zwei Hälften besteht und in die Spur des Excentricums einpaßt, umgeben. Der erste Ring ist an der verticalen Stange A fest, Fig. 77, die mit der Stange des Vertheilungsschiebers a durch ein Gelenk vereinigt ist; der zweite hingegen ist mit der Stange B verbunden, welche ebenfalls durch ein Gelenk mit der Stange des Absperrschiebers b beweglich vereinigt ist.

Der erste Schieber a ist von Gußeisen, von passender Größe und innen hohl, um durch diese Höhlung abwechslungsweise die Verbindung zwischen den Dampfcanälen c und d und der Austrittsöffnung e herzustellen, und zwar muß diese Verbindung des einen Canales mit der Austrittsöffnung während des größten Theiles einer Kolbenbewegung hergestellt bleiben.

Der Dampf- oder Schieberkasten C ist auf die Fläche D, welche sich auf der mittleren Höhe des Cylinders befindet und drei Dampfmündungen enthält, aufgeschraubt. Er ist hoch genug, um dem Schieberventile die ganze verticale Bewegung, welche es machen muß, zu gestatten, und oben auf demselben ist eine Stopfbüchse angebracht, durch welche die Schieberstange dampfdicht geht.

Der Absperrschieber a liegt auf der abgehobelten Fläche des Kastens C und verschließt, abwechslungsweise von Unten und von Oben kommend, die Dampfeintrittsmündung i, welche in der einen Fläche des Kastens C angebracht ist. Er unterbricht folglich früher oder später während des Kolbenlaufes den Dampfzufluß, je nachdem er früher oder später die Eintrittsmündung verschließt. Damit der Absperrschieber die Mündung i nicht zu früh öffne, ist es nothwendig, daß er höher als diese Mündung gemacht werde; denn nur so kann er die Mündung während der Zeit der Expansion verschlossen erhalten. Die Zeitdauer des Verschließens muß übrigens im Voraus nach der größten Expansion, mit welcher die Maschine arbeiten soll, bestimmt werden.

Der Absperrschieberkasten E ist kleiner als der erste, und in denselben wird der Dampf vom Kessel aus durch die kupferne Röhre F geleitet.

Fig. 78 stellt einen Theil der Stange, welche den Vertheilungsschieber bewegt, vor. F ist ein mit

einem Auge versehenes Stück, welches die Stange A mit der Schieberstange g vereinigt, und durch welches die Schieberstellung genau regulirt werden kann. Die Stange g ist mit dem Stangenstücke f durch zwei Muttern verbunden, mittelst deren man sie höher oder tiefer stellen kann. Mit ihrem anderen Ende ist sie in einen eisernen Rahmen h eingeschraubt, welcher um einen Ansatz an dem Vertheilungsschieber gelegt ist. Die Absperrstange k ist mit der Stange B durch ein Gelenk vereinigt und ebenso wie die Stange g mit dem Schieber b verbunden. Fig. 79 und 80 sind die zwei äußersten Stellungen des Vertheilungsschiebers mit den entsprechenden Stellungen des Absperrschiebers.

Ist der Kolben am Ende seines Laufes, so verschließt der Vertheilungsschieber die Oeffnungen c und d, wie dies der Durchschnitt Fig. 5 andeutet. Ist er in der Mitte seiner abwärtsgehenden Bewegung, so hat der Schieber die in Fig. 79 angegebene Stellung, wobei die Oeffnung c, welche in den oberen Cylinderraum führt, ganz offen ist. Hat der Kolben seine mittlere Stellung bei'm Aufwärtsgehen erreicht, so nimmt der Schieber die in Fig. 80 angegebene Stellung ein, wobei er die Oeffnung d, welche in den unteren Cylinderraum führt, ganz offen läßt.

2) Expansion des Hrn. Farcot. Dieser geschickte Maschinenbaumeister wandte im Jahre 1836 bei einer Hochdruckmaschine mit oscillirendem Cylinder ein veränderliches Expansionssystem an, welches im Allgemeinen für alle stationären Maschinen benutzt werden kann. Diese Expansionsvorrichtung, welche der Erfinder Differenzen-Expansion nennt, besteht der Hauptsache nach aus kreisförmigen Scheiben (die er cocardes nennt), welche mit Oeffnungen versehen die sich sehr rasch verschließen. Durch diese ung wird der Dampf mit der Spannung,

welche er im Kessel hat, verwendet und weniger Dampf verbraucht. Hr. Farcot wendet auch rechtwinklige Schieber an, die abwechselungsweise feststehen und sich verschieben.

Die kreisförmigen Scheiben (cocardes) sind in Fig. 81, 82 und 83 abgebildet. Sie sind mit mehreren Oeffnungen h, h versehen, deren Quadratfläche zusammengenommen so groß ist, als die Quadratfläche der Schieberöffnungen. Die Scheiben sind auf den Grundflächen eines Cylinders D, Fig. 82, angebracht, welche eine kreisförmig hin- und wiederkehrende Bewegung macht und das Schieberventil bildet. Sie gestatten dem Dampfe leicht den Durchgang, so daß er mit einer Spannung, die der Spannung im Kessel nahe kommt, zum Kolben gelangen kann und unterbrechen den Dampfzufluß rasch in dem Augenblicke, von welchem an die Expansion beginnen soll. Auch kann durch dieselben entweder von Hand oder durch den Regulator der Grad der Expansion, während die Maschine im Gange ist, verändert werden. Das Dampfeinströmen kann auch beliebig entweder auf beiden Seiten des Kolbens gleich oder ungleich bewirkt werden.

Auf die Expansionsvorrichtungen an den Locomotiven kommen wir weiter unten zurück.

IV. Dampfmaschine mit veränderlicher Expansion.

Wir beschreiben mit Hülfe der Taf. X Fig. 87 bis 97 eine Dampfmaschine von 10 Pferdekräften, nach dem schon oben erwähnten Princip des Herrn Frésel zu St. Quintin, an welcher hauptsächlich zu bemerken ist:

1) Daß der Dampf mit derselben Spannung auf den Kolben geführt worden ist, den er in dem Generator hatte, so unmittelbar, als möglich, und ohne, oder wenn es erforderlich, mit nur sehr gerin-

gem Voreilen des Vertheilungsschiebers, ohne Eintheilung der Einlaßöffnungen, sowie ohne Verengung derselben und ohne Expansion des Dampfes, ehe er auf den Kolben wirkt.

2) Daß man, ohne Veränderung des Mechanismus, den Dampf nach Belieben während des Kolbenlaufes zulassen und die Expansion von $\frac{14}{100}$ bis $\frac{78}{100}$ dieses Laufes hervorbringen kann, oder, mit anderen Worten, bei $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{7}$, $\frac{1}{6}$, $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{4}$ u. s. w., indem man zu beiden Seiten des Kolbens gleiche Dampfmengen einführt, und indem man selbst die Verschiedenheit der Oberfläche, welche die Kolbenstange auf der einen Seite hervorbringt, berücksichtigt.

Man erlangt diese Vortheile durch einen sehr einfachen Mechanismus mittelst zweier Schieber, deren Einrichtungen so sind, daß man weder Federn, noch Aufhalter gebraucht, um sie festzuhalten. Der eine von diesen Schiebern dient zur Dampfvertheilung, und der andere, Aufhaltschieber genannt, zur Unterbrechung des Einströmens. Beide Schieber liegen nebeneinander und werden durch zwei, von einander unabhängige Excentrica in Bewegung gesetzt, die ähnliche Formen, aber verschiedene Bewegungen haben. Der erstere bewegt sich in einem rechteckigen und der andere in einem aus vier Curven, von denen die eine oben und die andere unten befindlich, gebildeten Rahmen. Diese Curven sind wegen dreier hauptsächlicher Ursachen an jeder Maschine verschieden, nämlich: 1) wegen der Dicke des Kolbens; 2) wegen der Länge der Kurbelstange, und 3) wegen des Halbmessers der Kurbel. Es hat diese Einrichtung die Eigenthümlichkeit, daß die Einlaßöffnungen gänzlich offen sind, wenn die Kurbel einen Winkel von 37° durchlaufen hat und der Kolben $\frac{7}{10}$ seines Laufes, sei die zu erlangende Expansion, welche sie wolle. Bei den runden Excentriken ist dies nicht der Fall; denn sie öff-

nen, wenn kein Voreilen Statt findet, die Oeffnung nicht eher ganz, bis daß die Kurbel einen Winkel von 95° und der Kolben $\frac{15}{100}$ seines Zuges durchlaufen hat.

Die Curven, welche die Form des Rahmens für das Excentricum des Aufhaltschiebers bilden, sind erforderlich, um eine Differenz in der Stellung des Kolbens auszugleichen, welche man bei seinem Auf- und Niedergange bei einem Kurbelumgange bemerkt. Diese Differenz ist nach der Länge der Kurbelstange nothwendig verschieden. Könnte sich dieselbe parallel mit sich selbst bewegen, so würde man keine verschiedene Stellung des Kolbens bei irgend einem Winkel des Kolbenlaufes, sowohl aufwärts als abwärts, bemerken. Bei der auf Taf. X dargestellten Maschine sind diese Verschiedenheiten von der Art, daß bei der niedergehenden Bewegung die Kurbel einen Winkel von 90° durchlaufen hat, während der Kolben $\frac{43}{100}$ seines Laufes zurückgelegt hat; wogegen er bei der aufwärtsgehenden Bewegung bei demselben Winkel der Kurbel $\frac{56}{100}$ seines Laufes vollbracht hat. Man muß einsehen, daß man mit irgend einer beliebigen Form des Excentricums diese Verschiedenheit mit einem einzigen Aufhaltschieber nicht immer ausgleichen und auch nicht die Bedingung erfüllen kann, daß dieses Excentricum zwei mit dem Rahmen in Berührung stehende und einander diametral entgegenstehende Linien habe, sei übrigens seine Stellung in der Rotationsbewegung, welche sie wolle, weil das Excentricum, da es nur eine continuirlich kreisförmige Bewegung geben kann, für entgegengesetzte Puncte nur abwechselnd gleiche Bewegung zu geben im Stande ist.

Die Wirkungen der Curven sind die, daß sie die Differenz der Oberfläche auf der einen oder auf der anderen Seite des Kolbens, im Verhältnisse zu dem Durchschnitte der Kolbenstange, modificiren.

Man erkennt ohne Mühe, daß, jemehr Dampf mit Leichtigkeit auf den Kolben gelangt, um so größer der Nutzeffect ist. Um daher die Expansion desselben zu benutzen, wäre es von der größten Wichtigkeit, dahin zu sehen, daß er möglichst mit der Spannung zum Cylinder gelangt, die er in dem Kessel hat, welches bei den meisten Maschinen der Fall ist, bei denen der Vertheilungsschieber die Oeffnungen nur langsam frei macht, und bei denen das Einströmen des Dampfes unterbrochen wird, ehe noch die Oeffnung gänzlich aufgeschlossen worden ist. Bei manchen, ja vielleicht bei den meisten Maschinen, ist das Volum des Dampfes über dem Kolben dem unter dem Kolben nicht gleich; bei manchen muß der Dampf durch besondere Einrichtungen durch mehrere Oeffnungen strömen, ehe er auf den Kolben wirkt; bei noch anderen endlich strömt der Dampf nur durch mehr oder weniger enge Oeffnungen ein, und nie hat er freien Einlaß. Durch diese mehr oder weniger nachtheiligen Einrichtungen erleidet der Dampf eine Streckung, eine Theilung, oder eine Verlängerung, welche nichts weiter ist, als eine vorläufige Expansion seiner Wirkung auf den Kolben, wodurch aber seine Expansionskraft bedeutend geschwächt wird. Demnach gelangt Dampf, der im Kessel eine Spannung von 4 bis 5 Atmosphären hatte, nur mit einer Spannung von 3 bis 4 Atmosphären zum Kolben. Diese verschiedenen Nachtheile sind es, die Herr Frésel zu verhindern gesucht hat. Seine Dampfmaschine, die wir sogleich beschreiben wollen, und auf die er patentirt ist, vereint folgende Vorzüge:

1) Der Dampf kann nach Belieben während des ganzen Kolbenlaufes zugelassen werden.

2) Die Expansion kann an allen Puncten des Cylinders und im Verhältnisse zu dem Nutzeffecte erlangt werden.

3) Der Dampf wird auf den Kolben durch eine einzige, bei $\frac{7}{100}$ seines Laufes vollständig offene, Oeffnung zugelassen, sei die Expansion, welche sie wolle.

4) Man läßt den Dampf auf dem kürzesten Wege, ohne Voreilen des Schiebers, ohne Abweichungen, noch Eintheilungen, sowie ohne Verengungen der Oeffnungen und folglich ohne vorherige Expansion seiner ursprünglichen Wirksamkeit einströmen.

5) Man läßt dieselbe Dampfmenge über und unter dem Kolben zu und gleicht die Kolbenoberfläche, in Beziehung zu dem Durchschnitte der Kolbenstange, aus.

6) Man läßt den Dampf, nachdem er gewirkt hat, vor Beendigung des Kolbenlaufes ausströmen.

7) Die Dampfschieber bedecken die Oeffnungen so, daß selbst eine merkliche Abnutzung dem Gange der Maschine nichts schadet.

8) Endlich kann man auch sehr vortheilhaft die Woolf'schen Maschinen mit zwei Cylindern durch einen Cylinder ersetzen, indem der Dampf dieselben Dienste leistet, und indem man die Maschine mit oder ohne Condensation betreibt, wie man es will, und indem man den Dampf nach seiner mechanischen Leistung zur Erwärmung der Werkstätten im Winter benutzt.

Erklärung des Mechanismus mit veränderlicher Expansion, der auf Taf. X abgebildet worden ist.

Fig. 87 ist ein senkrechter Durchschnitt des Dampfcylinders und der Vertheilungsbüchse, mit den Admissions- und dem Aufhaltschieber und ihrer Bewegungsmittheilung.

Auf Fig. 88 sieht man eine vordere Ansicht dieser Schieber und ihrer Stangen, ihrer Excentriken und der Rahmen.

Der Vertheilungsschieber A liegt an der vorderen Fläche der gußeisernen, an dem Dampfcylinder angebrachten Büchse und hat zwei Oeffnungen, a und b, die abwechselnd mit den correspondirenden Oeffnungen, c und d, im Cylinder, in Verbindung gesetzt werden. In der Mitte ist er, wie die gewöhnlichen Schieber, hohl, damit nacheinander die eine oder die andere dieser Oeffnungen mit der Ausströmungsöffnung f in Verbindung treten kann.

Dieser Schieber, der für sich in Fig. 89 dargestellt worden ist, wird durch das erste krummlinigte Excentricum B, welches von einem eisernen Rahmen C umschlossen und mit der horizontalen Welle D fest verbunden ist, in Bewegung gesetzt. Der Schieber bewegt sich daher, wie bei den gewöhnlichen Maschinen, nur mit dem Unterschiede, daß er die Oeffnungen sehr rasch frei macht und sie während des Kolbenlaufes lange offen läßt. Man kann ihn übrigens so reguliren, daß er das zweckmäßigste Voreilen erhält, so daß er sich schon bei'm Ausströmen öffnet, wenn der Kolben am Ende des Laufes ist.

Die beiden parallelen und horizontalen Seiten des Rahmens sind im Innern mit zwei Stücken von gehärtetem Stahle l versehen, damit sie fest und dauerhaft seien und dem ebenfalls harten Excentricum B keinen Spielraum lassen. Der Aufriß, Fig. 93, und der horizontale Durchschnitt, Fig. 94, zeigen die Gestalt und die Construction dieses Rahmens und des Excentricums.

Der Aufhalt- oder Expansionsschieber E ist eine einfache volle Scheibe, die dicht an dem Vertheilungsschieber liegt und sich auf demselben nach zwei Richtungen bewegt. Damit er sich nicht seitwärts bewege, sind seine beiden senkrechten Seiten verlängert, so daß sie eine Art rechteckiger Ohren o bilden, wie Fig. 90 zeigt.

Dieser zweite Schieber wird durch ein krummlinigtes Excentricum F in Bewegung gesetzt, welches viel Aehnlichkeit mit dem erstern hat, das aber seinerseits in keinem solchen Rahmen geht und andererseits mit seiner Achse nicht fest verbunden ist. Dieses Excentricum hat eine andere Stellung, als das vorhergehende, die übrigens nach dem Grade der Expansion, mit welchem man die Maschine betreiben will, verschieden ist. Es ist von einem Rahmen G umschlossen, dessen beide entgegengesetzte Seiten von den Curven hh' und ii' begrenzt sind, mit denen es während der Drehung stets in Berührung bleibt. Fig. 95 zeigt eine Ansicht von Vorn dieses Rahmens, und Fig. 96 und 97 einen horizontalen und einen senkrechten Durchschnitt. Man sieht, daß die erste dieser Curven hh' in Beziehung zum Excentricum convex, und die andere ii' concav ist. Mit den Seiten des Rahmens, die mit dem Excentricum nie in Berührung stehen, sind sie auf eine zweckmäßige Weise in Verbindung gesetzt.

Das Excentricum wird mit der Achse D, mittelst einer Druckschraube g (Fig. 87), verbunden, sobald seine Stellung bestimmt ist. Die Achse verlängert sich auf der einen Seite und ist mit einem getheilten Bogen H versehen, auf welchem die verschiedenen Grade der Expansion in Zahlen angegeben worden sind.

Ein an der Welle oder Achse sitzender Zeiger J zeigt auf dem Bogen den Grad der Expansion an. Dreht man nun denselben und mit ihm das Excentricum, mit welchem er verbunden ist, so zeigt der Zeiger, um welche Menge der Expansion man die Maschine betreibt und an welchem Puncte man anhalten muß. Hält man in dem Augenblick an, in welchem der Zeiger auf den Punct 4 zeigt, wie man auf der Fig. 88 gethan, so findet die Expansion bei einem Viertel des Kolbenlaufs statt. Die respectiven

Stellungen der Excentrica sind auf Fig. 88 angegeben, und die Stellungen des Dampfkolbens und der beiden Schieber entsprechen denen auf Fig. 87 angegebenen.

Die Curven, aus denen übrigens die beiden Excentriken B und F bestehen, sind Kreisbögen, von denen zwei mit der Achse concentrisch und die beiden andern aus den entgegengesetzten Winkeln gezogen sind, wie es schon bei einigen Vertheilungssystemen geschehen ist.

Eine nur oberflächliche Betrachtung des Mechanismus wird uns leicht zeigen, daß der wesentliche Theil, welcher die Basis des neuen Expansionssystems von Trésel ausmacht, kein anderer, als der Rahmen C ist, dessen beide wirkende Theile aus Curven bestehen, statt gerade zu sein. Diese Veränderung ist von der größten Wichtigkeit, da sie so viele Bedingungen erfüllt, welche die meisten andern Constructionen nicht erfüllen.

V. Einfachwirkende Wasserhebungsmaschine von mittlerem Druck, mit Expansion, Condensation und Cataract.

Diese auf einem Schacht der consolidirten Gruben zu Redruth in Cornwall aufgestellte Maschine hat einen Cylinder von 80 engl. Zoll Durchmesser. Den Dampf erhält sie aus drei Kesseln von derselben Einrichtung, wie die in Fig. 45 bis 49, Taf. VII. abgebildeten, jedoch erfolgt die Speisung aus allen drei Kesseln nur dann, wenn die Maschine mit ihrer ganzen Kraft und ohne Expansion arbeiten soll. Die gemeinschaftliche Länge des Kessels und der Röhre beträgt 36 engl. Fuß. Der äußere Durchmesser des Kessels beträgt 7 Fuß; die Blechstärke 4 Linien; die Entfernung von dem niedrigsten Puncte der Röhre bis zum untersten Puncte des Kessels 8 Zoll. Der

Röhrendurchmesser ist gleich 4 Fuß. Der am vordern Theile angebrachte Rost dehnt sich auf eine Länge von 4 Fuß aus; am Ende des Rostes verschließt eine Mauer von Ziegelsteinen den untern Theil der Röhre und erhebt sich bis auf 9 Zoll Meter unter den höchsten Punct des Cylinders. Die Flamme und die warme Luft gehen durch diese Enge, durchströmen die ganze Länge der Röhre, gelangen zum Vordertheile des Kessels zurück, gehen unter demselben weg in eine 4 Fuß breite und 10 Zoll hohe Leitung und strömen alsdann durch Seitencanäle nach der am hintern Theile angebrachten Esse. Der den Rost enthaltende Theil der Röhre wird durch eine aufwärts gehende Schiebethür mit Gegengewicht verschlossen, die der Heizer bloß dann öffnet, wenn er schüren muß. Auf diese Weise dringt alle zur Verbrennung erforderliche Luft durch den Aschenfall und durch den Rost ein. Die einzige Esse, welche den Rauch von 3 Kesseln aufnimmt, ist ein nicht bedeutend hoher kegelförmiger Thurm, jedoch von bedeutendem Querschnitt. Es scheint, daß die englischen Ingenieure es erkannt haben, daß die cylindrischen Kessel ohne innere Röhren und selbst ohne Seitencanäle für die Brennmaterialersparung ebenso günstig seien, als die mit innerer Röhre. Dies ist wenigstens die Meinung des Hrn. John Taylor, in dessen Fabrik die Maschine erbaut wurde, welche neuerlich bei den Braunkohlenbergwerken des Rocher bleu, im Departement der Rhonemündungen, aufgestellt worden ist.

Das Ganze der Maschine. Die Fig. 98, Taf. XI. ist ein Aufriß der Maschine. Die Fig. 99 ist ein Grundriß davon. Diese Figuren zeigen die Einrichtung des Cylinders, des Balanciers, des Schachtgestänges, der Ventile, der Luftpumpen und der Speisepumpen.

Die Fig. 100, Taf. X. ist ein Grundriß des

Cylinders und der Ventile, wodurch die Admission des Dampfes regulirt wird; man hat dabei alle übrigen Maschinentheile weggelassen, namentlich die, durch welche das Spiel der Pumpen bestimmt wird.

Die Fig. 101, Taf. X. ist ein Durchschnitt des Cylinders und seines Kolbens, nach einer senkrechten Ebene, welche durch die Achse des Cylinders geht.

Die Figg. 102, 103 und 104 sind Durchschnitte durch senkrechte Ebenen von den Ventilen der Maschine. Sie geben die Gestalt und die Dimensionen dieser Stücke an.

Um die Figg. 98 und 99, Taf. XI. nicht zu überladen, haben wir keine Buchstaben auf diejenigen Theile des Apparats gesetzt, welche keine bemerkenswerthe Eigenthümlichkeit darbieten. So bemerkt man die Stücke des Parallelogramms, an dessen einem Ende die Kolbenstange befestigt ist. Der Steuerungsbaum **P**, welcher das Einströmen des Dampfes und das Spiel der Ventile regulirt oder steuert, ist ebenfalls an einem Puncte aufgehängt, welcher eine senkrechte Linie beschreibt. Diese Einrichtungen unterscheiden sich in Nichts von denjenigen, welche allgemein bekannt und angenommen worden sind.

Dieselben Buchstaben bezeichnen übrigens auf den Figuren 98, 99, Taf. XI. gleiche Gegenstände.

a, Gehäuse mit einem Ventil, dessen Oeffnung während des Spiels der Maschine stets dieselbe bleibt. Man nennt es **governor valve**, Mäßigungsventil; es ist den Ventilen gleich, welche bei den rotirenden Maschinen gewöhnlich mit einem conischen Pendel verbunden sind. Der Durchschnitt dieses Ventils und seines Gehäuses ist in **a**, Fig. 103, Taf. XI. dargestellt. Es ist im Bereiche des Maschinenwärters, der es mehr oder weniger heben kann.

b, Gehäuse des Dampf- oder Admissionsventils, **top steam valve** genannt, liegt zwischen dem vor-

hergehenden und dem obern Theile des Cylinders. Dieses Gehäuse steht mit a in Verbindung, sowie es der senkrechte Durchschnitt, Fig. 103, Taf. XI. andeutet, welcher die Form des Ventiles zeigt.

c, Gehäuse des Gleichgewichtsventils (equilibrium valve). Es ist am obern Theile eine Röhre T angebracht, die mit dem untern Theile in Verbindung steht und auch mit dem obern Theile des Cylinders verbunden ist. Wenn das Ventil, welches es umschließt, geöffnet ist, so sind die beiden durch den Kolben geschiedenen Theile des Cylinders durch die Röhre T verbunden. Die Fig. 102, Taf. XI. ist ein senkrechter Durchschnitt des Gehäuses von dem Gleichgewichtsventil und der Röhre T.

E, Gehäuse des Condensator- oder Entleerungsventils (exhaustion valve); das Innere dieses Gehäuses steht mit dem untern Theile des Gehäuses in Verbindung, und wenn das Ventil geöffnet ist, so ist der untere Theil des Cylinders in Verbindung mit dem Condensator H durch die Röhre T' gesetzt. Die Fig. 104, Taf. XI. ist ein senkrechter Durchschnitt des Gehäuses und des darin enthaltenen Ventils.

R, R Luftpumpen, deren die Maschine zwei hat, wie man aus dem Grundrisse, Fig. 99, Taf. XI. ersieht.

S, Theil von dem Schachtgestänge.

s, Luftpumpenstange.

x, Speisepumpe, eine Saug- und Druckpumpe.

s', Speisepumpenstange.

Y, Saugrohr der Pumpe x.

Z, Z, Enden von den Röhren, durch welche das von dem Kolben ausgedrückte Wasser den Kesseln zugeführt wird.

M, vordere Mauer des Maschinengebäudes, auf welcher die Balancierzapfen ruhen.

N, Mauerwerk, auf welchem der Cylinder mit-

telst langer Schraubenbolzen, welche durch dasselbe gehen, befestigt worden ist.

C, Cataract oder Hubzähler genannter Apparat, mittelst welchem man, nach Erfordern, die Anzahl der Kolbenhübe in einer gegebenen Zeit regulirt.

A, sogenannter Fangapparat an dem Balancierende, auf der Seite der Kolbenstange. Ein Querriegel von Holz oder von Eisen, der horizontal daran befestigt ist, stützt sich, wenn der Kolben ganz in der Nähe des untersten Punctes seines Laufes ist, auf 2 Stücken Holz B, welche auf dem Balken angebracht sind, zwischen denen sich der Balancier bewegt. Diese Stücken B federn, und verhindern einen Stoß des Kolbens gegen den Cylinderboden. Der Maschinenwärter wird durch diesen Stoß benachrichtigt, daß er die bei jedem Kolbenhube eingelassene Dampfmenge vermindern müsse. Zuweilen berührt der an A befestigte Riegel eine Glocke, ehe er an die Stücke B stößt. Wird diese Glocke nicht berührt, so ist dies für den Maschinenwärter ein Zeichen, daß der Kolben bei seinem Niedergange nicht seinen ganzen Hub gemacht habe.

Ehe wir eine specielle Beschreibung von dem Spiele der Maschine und von den Mechanismen geben, welche die Ventile öffnen und verschließen, ist es nothwendig, die Construction derselben kennen zu lernen. Wir müssen uns zu dem Ende auf die Figg. 102, 103 und 104, Taf. X. beziehen.

Das Mäßigungsventil (governor valve), Fig. 103, ist ein gewöhnliches Kegel- oder Schalenventil. Die von den Kesseln kommende Dampfröhre verzweigt sich auf die Oeffnung 1, und der Dampf dringt durch eine Oeffnung, welche man durch die größere oder geringere Hebung des Ventils 2 größer oder kleiner macht, in das Gehäuse a. Von da aus verbreitet sich der Dampf in das Gehäuse b des Admissions-

ventils 3; ist dasselbe geöffnet, so durchströmt er es und gelangt durch die Oeffnung 4 durch den obern Theil des Cylinders. Ein Blick auf die Figg. 102, 103 und 104 zeigt, daß die 3 Ventile, das Admissions-, Gleichgewichts- und Entleerungsventil gleiche Formen haben und sich nur durch ihre Dimensionen unterscheiden. Es ist demnach hinreichend, nur ein einziges, z. B. das Entleerungsventil, Fig. 104, welches das größe von allen ist, zu beschreiben. Die Fig. 105 ist ein horizontaler Durchschnitt dieses Ventils. Die schraffirten Theile zeigen die durchschnittenen Theile des Gehäuses. Das Ventil besteht ganz aus Bronce, die Stangen jedoch aus Schmiedeeisen. Es besteht aus zwei Theilen, aus einem festen d und aus einem andern ii, der beweglich und mit der Stange t verbunden ist. Der Theil d ruht mit seiner Peripherie auf einem polirten Sitze, welcher sehr genau abgeschmirgelt ist, auf welchem er mittelst einer untern Querstange k und mittelst der Bolzen h, h befestigt ist, deren Muttern in den untern Theilen der Querstange k eingelassen sind. Sie hat die Form eines hohlen Cylinders, welcher oben in eine ebene Fläche endigt, unten offen, und dessen cylindrische Wand durchbrochen ist, d. h. aus kleinen Stäben besteht, welche durch größere offene Räume getrennt sind. Die massiven Theile oder Seiten sind oben und unten mit zwei vollen Ringen verbunden, welche den Rand von dem Deckel des Cylinders und den Fuß bilden, womit er auf dem Sitz aufruht; um die massiven Theile der cylindrischen Oberfläche zu verstärken, sind sie mit den Scheidern verbunden, welche nach der Achse des Cylinders laufen. Die Bolzen h, h sind in einer cylindrischen Höhlung verbunden, welche in zweien von diesen, zu dem Ende verstärkten Scheidern angebracht sind. Es folgt aus dieser Construction, daß, wenn der beweg-

liche Theil weggenommen wäre, der das Gehäuse E ausfüllende Dampf frei durch die Oeffnungen des festen Theils eindringen würde.

Der bewegliche Theil ii ist ein hoher, fester Körper von ringförmiger Gestalt, welcher oben und unten offen ist. Mit der Stange t ist er durch zwei, ein Kreuz bildende Stäbe, wie b, b, welche hoch, aber schmal sind und viel Dampf durchlassen, verbunden. Wenn dieser Theil nicht gehoben ist, so ruht er auf dem festen Theile mittelst zweier Theile conischer Oberflächen ss, s's', welche gleiche Oberflächen bedecken, die er an dem obern und untern Umfange des festen Stücks mittelst der beiden conischen Oberflächen ss und s's' berührt. Wenn demnach das bewegliche Stück auf das festliegende fällt, und die Oberflächen ss, s's' in Berührung mit ihren Sitzen stehen, so kann der in E befindliche Dampf nicht durch das Ventil strömen; folglich findet keine Verbindung zwischen dem untern Theile des Cylinders und dem Condensator statt. Wenn man aber den beweglichen Theil hebt, so wie es auf Fig. 104 angegeben ist, so daß die conischen Oberflächen ss, s's' ihre Sitze verlassen, so dringt der Dampf sofort durch den obern Theil des beweglichen Stücks ein, strömt in die Erweiterung desselben und durch die durchbrochene Oberfläche des festen Theils, während er zu gleicher Zeit unmittelbar in das Innere desselben festen Theils durch die leeren Räume eindringt, welche der untere Theil des beweglichen Stückes ii durch die Hebung offen gelassen hat.

Die Stange t geht übrigens durch den Deckel des Ventilgehäuses E, welches zu dem Ende mit einer Stopfbüchse versehen ist.

Die Erfindung dieser Ventile rührt von Herrn Hornblower, einem sehr geschickten Cornwalliser Ingenieur, her. Sie werden ausschließlich bei den

neuen Wasserhaltungs-Dampfmaschinen angewendet; sie gewähren den Vortheil, dem Dampfe sehr weite Durchgänge zu gestatten, ohne daß zu ihrer Hebung, ohnerachtet des ungleichen Drucks von dem Dampfe auf beiden Seiten, sehr schwere Gegengewichte erforderlich wären. Neuerlich sind diese Ventile auch, wie wir bereits weiter oben sahen, von den Herren Harvey und West, mit einigen Abänderungen, auf die Druckpumpen angewendet worden.

Die Fig. 101, Taf. X. zeigt, daß der Cylinder von einem oder von einem zweiten Cylinder umgeben ist; der leere Zwischenraum steht mit dem Kessel in Verbindung und wird voll Dampf von der Temperatur, in welcher er erzeugt worden ist, erhalten. Der Deckel und der Boden des Cylinders sind ebenfalls doppelt. Der Raum zwischen dem Mantel und dem Cylinder ist mit dem Dampfe im Kessel durch eine Röhre in Verbindung gesetzt, welche in den obern Theil dieses Raums ausläuft. Das Condensationswasser in dem Mantel fließt zu dem Wasser durch eine Röhre zurück, welche von dem untern Theile des Mantels nach dem Kessel unter dem Wasserstande geht. Die beiden Röhren werden während der ganzen Zeit offen erhalten, in welcher die Maschine im Betriebe ist. Der Kolben, der in Fig. 101 im Durchschnitte dargestellt worden ist, ist mit einer Hanfliderung versehen, welche oben mit Hülfe eines Kreises zusammengedrückt wird, der aus rechtwinkelig gebogenen Segmenten besteht und durch Schrauben angezogen wird, welche sich auf gekrümmten Bolzen drehen, die in der Gußeisenstärke eingelassen sind.

Spiel der Maschine. Wir kommen auf die Figg. 98 und 99, Taf. XI. zurück, um das Spiel der Maschine zu erläutern; wir lassen das Mäßigungsventil a zuvörderst ganz unberücksichtigt, indem dessen Oeffnung constant ist. Der treibende Dampf

wirkt auf den Kolben, um ihn niederzudrücken. Er hebt alsdann mit Hülfe des Balanciers das Schachtgestänge. Während dieser Bewegung ist das Exhaustionsventil E geöffnet, so daß der untere Theil des Cylinders in Verbindung mit dem Condensator steht. Wenn der Kolben niederzugehen beginnt, so ist das Ventil b, durch welches die Dämpfe einströmen, durch die Einwirkung des Cataracts C geöffnet. Der Kolben sinkt; sobald er einen Bruch durchlaufen hat, der $\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{4}$ seines Laufs beträgt, so schließt der Steuerungsbaum P das Admissionsventil, und der übrige Theil des Laufs wird unter dem abnehmenden Drucke des sich ausdehnenden Dampfes vollendet; wenn der Kolben am untersten Puncte seines Laufs ist, so verschließt der Steuerungsbaum die Exhaustionspumpe E und öffnet das Gleichgewichtsventil c. Das Gewicht des Schachtgestänges veranlaßt den Aufgang des Kolbens, der alsdann auf seinen beiden Flächen mittelst des Dampfes gleichen Druck erleidet, und indem er zu gleicher Zeit das Wasser in den Steigröhren im Schachte in die Höhe drückt. Am Ende der aufgehenden Bewegung verschließt der Steuerungsbaum P das Gleichgewichtsventil, und der Kolben bleibt so lange in Ruhe, bis daß der Cataract nacheinander das Exhaustions- und das Admissionsventil öffnet. Auf diese Weise sind stets zwei aufeinander folgende Kolbenhübe durch einen Zwischenraum der Ruhe getrennt, dessen Dauer mittelst des Cataracts, nach Belieben, regulirt werden kann, sowie wir es sogleich erklären wollen.

Cataract. In Fig. 98 ist der Kolben auf dem höchsten Puncte seines Laufs, und alle Ventile sind, mit Ausnahme des Mäßigungsventils a, verschlossen. Der Cataract C, Fig. 98 und 99, besteht aus einer kleinen Kolbenröhre p p, welche in einem mit Wasser gefüllten Kasten steht. In dieser Kolben-

röhre bewegt sich ein massiver Kolben, dessen Stange durch Gliederung mit einem Arme l verbunden, der an einer horizontalen Welle NN befestigt ist. Auf derselben Welle sind befestigt, eines Theils ein Stück Eisen M am Ende eines langen Hebelarms, welches übrigens von der Welle entfernt, oder derselben genähert werden kann; andern Theils ein langer Hebel L, der dicht an dem vordern Theile des Steuerungsbaumes P durchgeht, und der von Ob'n nach Unten durch die Knagge Q, welche an diesem Baume befestigt ist, niedergedrückt wird, wenn der Steuerungsbaum abwärts geht. Endlich ist ein Arm l', der ebenfalls an der Welle NN sitzt, mit einer langen, senkrechten Stange von Schmiedeeisen verbunden, welche senkrecht hinter den Steuerungsbaum und horizontal unter den Stücken y und y' angebracht ist, so daß man sie in der Abbildung nicht sehen kann. Diese Stange, welche in Rahmen geleitet wird, die an Maschinentheilen befestigt worden sind, hebt bei'm Aufgange: 1) das Stück y, Fig. 98, welches sich um eine horizontale Achse a dreht; 2) das Stück y', welches sich um eine horizontale Achse a' bewegt. Wenn die Knagge Q bei'm Niedergange des Steuerungsbaums auf den Hebel L drückt, so senkt sich die durch den Hebel i' gehaltene Stange. Der Cataractkolben, sowie das Eisenstück M heben sich aber. Der Kolben saugt das Wasser aus dem Kasten an, welches durch ein Ventil geht, das in der horizontalen Röhre am untern Theile der Kolbenröhre angebracht worden ist, und welches Ventil sich von Außen nach Innen öffnet. Wenn sich der Steuerungsbaum hebt, so übt das Eisenstück M mittelst des Cataractkolbens einen Druck auf das eingeführte Wasser aus. Da dieses nun nicht mehr durch das Eingangsventil dringen kann, so strömt es durch eine mit einem Hahne versehene Oeffnung in der Seite aus, den man mehr

oder weniger öffnet, je nachdem der Kolben schneller oder langsamer hinabgehen soll. In dem Maße, als der Kolben sinkt, hebt der Hebel l' die senkrechte Stange, welche bei einer aufsteigenden Bewegung zuvörderst das Stück y hebt, und einige Secunden darnach das Stück y'. In dem Augenblicke, in welchem dieses letztere gehoben wird, strömt der Dampf aus dem Kessel auf den Kolben, der alsdann seinen Niedergang beginnt. Einige Secunden vorher hatte der Cataract, durch Hebung des Stückes y, das Exhaustionsventil losgehakt und dem Dampfe, welcher den Cylinder füllte, und der bei dem vorhergehenden Hube gewirkt hatte, einen Weg nach dem Condensator eröffnet.

Man sieht demnach, daß, wenn man will, die Kolbenhübe der Maschine ohne Ruhezwischenräume aufeinander folgen sollen, man die Oeffnung des Cataracthahns so reguliren müsse, daß die senkrechte Stange, welche sie bewegt, das Stück y unmittelbar darauf erhebt, nachdem der Kolben seinen höchsten Stand erreicht hat. Braucht man dagegen nur eine geringe Anzahl von Kolbenhüben in einer gegebenen Zeit, so wird man den Cataracthahn um so mehr verschließen; die Ruhezwischenräume zwischen zwei aufeinander folgenden Kolbenhüben werden demnach nach Belieben regulirt.

Spiel der Ventile. Das Spiel der Ventile läßt sich nun jetzt leicht erklären. Die senkrechte Cataractstange hebt bei ihrem Aufgange zuvörderst das Stück y, Fig. 98; sie hakt dadurch ein an der Stange τ hängendes Gegengewicht los. Die horizontale Welle, an welcher der Griff m, Fig. 98 u. 99, befestigt ist, dreht sich, und das Exhaustionsventil wird mittelst Stangen gehoben, die durch Gliederungen λ^1, λ^2, λ^3 [illegible]der Welle v und mit dem Gabelhebel oder mit [illegible]gel φ an dieser Welle befestigt sind. Der

den Cylinder ausfüllende Dampf ist alsdann verdichtet, allein der Kolben geht nur um einige Centimeter herab. Die Cataractstange, welche sich zu erheben fortfährt, hebt bald darauf das Stück y' und hakt auf diese Weise das Gegengewicht los, welches an der τ' aufgehängt ist. Die horizontale Welle $\mu\,\mu$, Fig. 99, an welcher zwei gekrümmte Eisen σ, σ, Fig. 98, befestigt sind, die mit einander den Steuerungsbaum **P** umfassen, drehen sich und heben das Admissionsventil mittelst der durch Gliederung miteinander verbundenen Stäbe λ'^1, λ'^2, λ'^3 der horizontalen Welle μ' und des Hebels φ', Fig. 2. Alsdann geht der Kolben durch den Dampfdruck nieder. Bemerken wir, daß die Stücke σ, σ, Fig. 98, welche durch die Welle $\mu\,\mu$, Fig. 99, bewegt werden, welche eine Viertelumdrehung gemacht hat, sich alsdann in einer rechtwinkeligen Stellung von der in der Figur angegebenen befinden; sie umfassen alsdann den Steuerungsbaum **P**, welcher zu gleicher Zeit mit dem Kolben niedergeht.

Wenn letzterer $\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{4}$ seines Laufs vollendet hat, so drücken die Leisten 1, Fig. 98, die an zwei Seiten mit der Steuerungsstange verbunden sind, gegen die Hebel σ, σ und schließen das Admissionsventil, indem sie das an der Stange τ' sitzende Gegengewicht wieder emporheben. Es muß bemerkt werden, daß die Hebel σ, σ während des Niederganges der Steuerungsstange sich an die hintere Seite der langen Leisten t legen, so daß dieselben das Ventil geschlossen erhalten, bis daß das Stück **Q** den Hebel **L** genug niedergedrückt hat, um die senkrechte Stange des Cataractes niedergehen zu lassen und auf diese Weise dem Stück γ', welches auf dem Ende dieser Stange ruhte, zu gestatten, wiederum die horizontale Stellung anzunehmen, die es in Fig. 98 hat

und das Gegengewicht mittelst des Aufhalters oder Daumens aufzuhalten.

Der Kolben fährt alsdann durch die sich ausdehnenden Dämpfe wieder zu gehen fort. Wenn er seinen Lauf fast vollendet hat, so drückt die an der Steuerungsstange sitzende Leiste t′ gegen den alsdann emporgehobenen Hebel m, führt ihn in die auf Fig. 98 angegebene Stellung zurück, schließt das Entwikkelungsventil und hält das Gegengewicht τ an dem Stück y mittelst des Daumens γ auf. Zu gleicher Zeit löſ't ein an einer Welle mit dem Hebel m sitzender Daumen mittelst eines Mechanismus, der nicht abgebildet, der aber denen derselben Art bei gewöhnlichen Maschinen analog ist, das am Ende der Stange τ'' befindliche Gegengewicht. Durch die Wirkung desselben dreht sich die Welle $\mu''\mu''$, an welcher der Hebel n sitzt. Durch Drehung dieser Welle wird, mittelst der durch die Glieder $\lambda''^1, \lambda''^2, \lambda''^3$ vereinigten horizontalen Achsen ν', ν' und des Hebels φ'', das Gleichgewichtsventil gehoben. Der Kolben geht alsdann durch die Schwere des Schachtgestänges in die Höhe. Hat er bald seinen höchsten Stand erreicht, so hebt die Leiste t″ den Hebel n in die Höhe, führt ihn zu der in Fig. 98 angegebenen Stellung zurück und schließt auf diese Weise das Gleichgewichtsventil. Der Kolben bleibt, während alle Ventile geschlossen sind, in der ruhenden Stellung, in welcher ihn unsere Abbildungen darstellen, bis die mittelst des Cataracts emporgehobene senkrechte Stange das Exhaustions- und die Admissionsventile von Neuem schließt.

Mittel, den Verbrauch der Dämpfe zu reguliren. Der Maschinenwärter, der mittelst des Cataractes den Zeitraum, welcher zwei Kolbenzüge voneinander trennt, verschieden einrichten kann, ist auch im Stande, indem er die Leiste t an der Steue-

rungsstange verschiebt, den Zutritt der Dämpfe aus dem Kessel zum Cylinder zu vermehren, oder zu vermindern. Diese Leisten müssen eine solche Stellung haben, daß das über dem Balancier angebrachte Querstück A bei jedem Kolbenzuge die elastischen Stücke B ohne Stoß berührt, welches etwas eher erfolgt, als der Kolben auf dem Cylinderboden anlangt. Der Maschinenwärter kann auch noch, ohne die Länge des Laufs zu verändern, nach welcher das Admissionsventil verschlossen ist, den Aufwand von Dämpfen vermehren, oder vermindern, indem er das Regulatorventil mehr oder weniger öffnet, welches sehr leicht mittelst der senkrechten Stange geschieht, die er durch die Schrauben e und f höher oder niedriger stellt. Das Ende dieser Stange hebt den Hebel k und folglich die Stangen f des Ventils a, mittelst der Welle ii und des an derselben befindlichen Hebels. Es geschieht stets mittelst des Regulatorventils, daß der Maschinenwärter in jedem Augenblicke die Bewegung der Maschine reguliren kann. Er muß sehr aufmerksam darauf sein, nicht zuviel Dämpfe zuströmen zu lassen, indem dadurch, daß der Kolben am Ende seines Niederganges noch eine zu bedeutende Geschwindigkeit besitzt, Brüche des Cylinderbodens durch heftige Stöße veranlaßt worden sind.

Wir werden später sehen, daß die Dauer eines jeden Kolbenzugs auch unabhängig von dem Zeitraume zwischen zwei aufeinanderfolgenden Kolbenzügen ebenfalls veränderlich ist, und daß man die Geschwindigkeit des Kolbens im Verhältnisse zu der Menge der Grundwässer in der Grube einrichten kann. Obwohl die Abbildungen und alle Theile der Maschine sehr genau nach dem Maßstabe aufgetragen worden sind, so glauben wir doch, daß es von Nutzen und bequem sein wird, die wesentlichsten Dimensionen hier in Zahlen anzugeben. Alle Maße sind

die englischen und das Gewicht ist das avoir du poids.

Der Druck der Dämpfe in den Kesseln wird durch kein Manometer angegeben, allein man nimmt an, daß sie fast gleich 25 Pfunden auf den Quadratzoll über dem atmosphärischen Drucke seien, welches $2\frac{2}{3}$ Atmosphären correspondirt. (Eine Atmosphäre wird bekanntlich durch den Druck von 15 Pfd. auf einen Quadratzoll Oberfläche ausgedrückt). Um Wärmeverlust zu vermeiden, ist der Cylinder gänzlich von einem hölzernen Gehäuse oder einem Cylinder umgeben, der zwischen sich und dem gußeisernen Mantel einen ringförmigen Raum von 12 Zoll Weite, der gänzlich mit Sägespänen angefüllt ist, läßt. Der Cylinderdeckel ist ebenfalls mit einer Schicht von derselben Substanz bedeckt und die gußeisernen Dampfleitungsröhren sind auch von quadratischen Kästen umschlossen, die ebenfalls Sägespäne enthalten. Es geht auf diese Weise sehr wenig Hitze verloren, und die Temperatur ist in dem Maschinengebäude nicht höher, als in einem gewöhnlichen Zimmer.

Hauptdimensionen. Der Kolbenhub beträgt 11 Fuß; seine Stange ist mit dem Schachtgestänge durch einen gußeisernen Balancier, der 25 Tonnen wiegt, verbunden. Die Arme des Balanciers sind ungleich; der, an welchem der Kolben der Maschine hängt, ist $18\frac{3}{4}$ Fuß lang, der andere, an welchem das Schachtgestänge befestigt ist, nur 14 Fuß. Es folgt daraus, daß der Hub des Schachtgestänges und der Pumpenkolben nur 8 Fuß 2 Zoll betragen. Direct gemessen, beträgt er nur 8 Fuß.

Die Röhren und Ventile gewähren den Dämpfen sehr weite Durchgänge; so hat die zum Condensator gehende Röhre 2 Fuß und die Röhre, welche die Räume im Cylinder über und unter dem Kolben verbindet, 18 Zoll im innern Durchmesser.

Die Durchmesser der Exhaustions- und Gleichgewichtsventile sind beiderseits diesen Röhren gleich. Dagegen ist der Durchschnitt des Ventiles, durch welches die Dämpfe in den Cylinder gelangen, weit geringer und nur einem Kreise von 10 Zoll Durchmesser gleich. Der Eingang der Dämpfe kann auch außerdem noch durch das Regulatorventil, welches der Heizer handhabt, verengt werden.

Die Construction dieser Ventile ist daher sehr bemerkenswerth, dadurch, daß ungeachtet des ungleichen Druckes auf beide entgegengesetzte Seiten sehr wenig Kraft erforderlich ist, um sie zu öffnen. Um den umgebenden Muff zu heben, ist es wirklich hinreichend, den Druck der Dämpfe auf eine kreisförmige Oberfläche von fast 1 Zoll Stärke und von einem Durchmesser zu überwinden, der dem den Dämpfen geöffneten Durchgange gleich ist. So hat bei dem Entleerungsventile der Ring, auf welchen der zu überwindende Druck ausgeübt wird, nur 75 Q.-Zoll Oberfläche, während der den Dämpfen geöffnete Durchgang 432 Q.-Zoll hat. Die Oeffnung des Entleerungsventiles, einige Secunden vor dem Zuströmen der Dämpfe zum Kolben, gewährt einen Vortheil, auf welchen die Aufmerksamkeit des Lesers in Anspruch genommen werden muß.

Die beiden Luftpumpen haben eine jede 27 Zoll Cylinderdurchmesser. Der Kolbenhub beträgt 6 Fuß. Die Kolben sind hohl und haben dieselbe Construction wie die hohlen Kolben der Saugpumpen. Die Klappenventile dürfen jedoch nicht aus Leder bestehen, indem dieselben durch das heiße Wasser zu leicht zerstört werden würden. Sie bestehen aus sehr dichter Leinwand. Man schneidet aus dieser Leinwand Scheiben von gehörigem Durchmesser und näht 12 derselben mit starkem Bindfaden zusammen. In dem Mittelpuncte dieser Scheiben schneidet man die recht-

eckige Oeffnung aus, durch welche die Kolbenstange geht, und näht die Scheibe rings um dieselbe durch. Darauf nagelt man auf beide Flächen jeder Klappe blecherne Scheiben, ebenso wie es bei den ledernen Ventilen der Saugpumpen der Fall ist. Die Liederung der Kolben besteht aus ähnlicher Leinwand und ist auf dieselbe Weise eingerichtet, wie die Liederung bei den Saugpumpen.

Die Luftleere wird durch diese Luftpumpe sehr gut erreicht; denn stets zeigte das Quecksilber in einer Glasröhre, die mit dem oberen Theile des Condensators in Verbindung steht, eine Höhe von 28 englischen Zollen über seinem Niveau in dem Reservoir (30 engl. Zoll sind gleich einer Atmosphäre), und wenn sich das Entleerungsventil öffnete, so fiel das Quecksilber nie weiter, als bis auf 27 Zoll herab. Man kann wahrnehmen, daß sich die Kolben der Luftpumpen fast sogleich nach der Oeffnung dieses Ventiles zu erheben beginnen.

Ein Zähler, der durch eine Stange bewegt wird, die an irgend einem Puncte des Balanciers befestigt worden ist, giebt die Zahl der Kolbenzüge an.

Beobachtete Resultate. Geschwindigkeit des Kolbens. Da die Wasserzuflüsse in dem Schachte gering waren, so arbeitete die Maschine nur langsam; die nöthigen Dämpfe lieferte nur ein Kessel. Die Spannung derselben in demselben überstieg den atmosphärischen Druck um etwa 25 Pfund auf den Q.-Zoll. Die Dämpfe strömten nur während des ersten Achtels seines Laufes auf den Kolben, und derselbe gebrauchte 2½ Secunde zu seinem Niedergange, wodurch er das Schachtgestänge und die Kolben der Druckpumpen hob, welches eine mittlere Geschwindigkeit von 4,4 engl. Fuß in der Secunde ist.

Das Gestänge gebrauchte darauf 5½ Secunden zu seinem Niedergange, wobei es das Wasser in den

Steigröhren in die Höhe drückte. Dies correspondirt einer Geschwindigkeit von 1,45 Fuß in der Secunde. (Man darf nämlich nicht vergessen, daß das Schachtgestänge nicht dieselbe Geschwindigkeit hat, wie der Kolben der Maschine, da die Balancierarme eine ungleiche Länge haben.) Demnach betrug die Dauer einer Oscillation des Kolbens 8 Secunden, und in einer Minute könnten nicht mehr als 7½ Wechsel der Maschine Statt finden. Sollte nun die Maschine rascher arbeiten, so müßte man das Gegengewicht vermindern, welches das Niedergehen des Schachtgestänges aufhält, so daß dasselbe schneller niedergehen könnte; allein alsdann würde man genöthigt sein, längere Zeit Dämpfe auf den Kolben strömen zu lassen, weil derselbe sonst nicht seinen Lauf bis zum Boden des Cylinders gut vollenden könnte. Man sieht demnach, wie eine Vermehrung der Geschwindigkeit der Maschine sogleich einen größeren Dampfaufwand für jeden Kolbenzug erfordert.

Uebrigens ist ein 7½maliger Wechsel der Maschine in einer Minute nie zur Gewältigung aller Grundwasser erforderlich, und bei der Anwesenheit des Herrn Combes ließ man sogar zwischen jeden aufeinanderfolgenden zwei Wechseln des Kolbens einen durch das Spiel des Cataractes regulirten Zwischenraum von ½ Minute. Wenn demnach der Kolben seinen höchsten Standpunct erreicht hat, so bleibt er daselbst 30 Secunden unbeweglich, nach welcher Zeit die Stange des Cataractes das Gegengewicht des Admissionsventiles losgemacht hat und deßhalb ein neuer Wechsel beginnt.

Vortheile der Cornwalliser Maschinen. Regeln für ihre Aufstellung. Man sieht aus der vorhergehenden Beschreibung, daß die einfachwirkende Maschine in Cornwall sich vollkommen auf die verschiedenen Umstände anwenden läßt, welche die

Wasserhaltung in Bergwerken herbeiführt *). Die Anzahl der Kolbenhübe kann nach der Menge der zu wältigenden Wasser eingerichtet werden, in dem diese Menge nach den Jahreszeiten in oft sehr weiten Grenzen schwankt. Der Dampfverbrauch bleibt fast stets der Anzahl der Kolbenhübe proportional, und der Maschinist regulirt die Dampfproduction dadurch, daß er eine verschiedene Anzahl von Kesseln, mit denen die Maschine versehen ist, in Betrieb setzt, und indem er die im Betriebe stehenden Kessel mehr oder weniger lebhaft feuert. Je ausgedehnter die Expansion des Dampfes ist, um so geringer ist auch der Verbrauch des Dampfes und folglich auch des Brennmaterials für einen gegebenen Nutzeffect.

Wenn man eine Wasserhaltungsmaschine erbaut, so ist es, da sich das Volum der Wasserzuflüsse in der Grube vermehren kann, zweckmäßig, den Pumpenkolben der Sätze ein hinreichendes Kaliber zu geben, damit die Wasser, selbst zu Zeiten, wo sie am Häufigsten sind, zu Sumpfe gehalten werden können, ohne daß die Pumpen fortwährend im Betriebe seien. Man kann es, z. B., so einrichten, daß die Zwischen-

---

*) Die Maschinen dieser Art werden bei den englischen Bergwerken sehr allgemein angewendet. Herrn Nottebohm's „Sammlung von Zeichnungen einiger ausgeführten Dampfkessel und Dampfmaschinen, nebst Beschreibung derselben" (Berlin 1841); auch unser neues Werk: „Handbuch der Behandlung rc. der Dampfmaschinen" (bei'm Verleger dieses Werkes), enthalten die Beschreibung und Abbildung einer solchen Wasserhaltungs-Dampfmaschine von 150 Pferdekräften, bei den Bergwerken von New-Craighall bei Glasgow, die mit niederem Drucke wirkt. Der Cylinder hat 60 Zoll im Durchmesser, und der Kolben macht in der Regel 13 Hübe in der Minute. Die Wasserförderungshöhe beträgt 540 Fuß, welche auf 3 Pumpensätze vertheilt ist. Die Abbildungen dieser Maschine in den gedachten Werken sind außerordentlich instructiv.

räume der Ruhe zwischen den aufeinanderfolgenden Kolbenhüben noch $\frac{1}{4}$ von der ganzen Zeit ausmachen, wenn die Wasserzuflüsse in der Grube am Stärksten sind. Der Dampfmaschine muß man hinlänglich starke Dimensionen geben, damit die Pumpen in Betrieb gesetzt werden können, indem man annimmt, daß der Dampf höchstens während $\frac{1}{4}$ von dem Kolbenlaufe eingelassen wird, und daß die Spannung des Dampfes in den Kesseln auf 3 bis $3\frac{1}{2}$ Atmosphären beschränkt bleibt. In dem Maße, als die Grubenbaue an Ausdehnung zunehmen, um so bedeutender ist auch die Vermehrung der Wasserzuflüsse. Man gleicht diese Zunahme der Leistung der Maschine dadurch aus, daß man die Zwischenräume der Ruhe zwischen zwei aufeinanderfolgenden Kolbenhüben vermindert. Später, wenn der Kunstschacht eine größere Teufe erlangt hat, und wenn es erforderlich ist, neue Pumpensätze hinzuzufügen, weil die Wasser aus einer tieferen Sohle gehoben werden müssen, wird es zur Vermehrung der Kraft der Maschine hinreichend sein, den Dampf aus dem Kessel während eines längeren Theiles von dem Kolbenhube einströmen und die Expansion weniger wirken zu lassen, indem man, wenn es erforderlich ist, einen neuen Kessel hinzufügt, wenn die vorhandenen nicht hinreichend sind, um die erforderliche Dampfmenge zu erzeugen. Endlich, als letztes Mittel, wird man die mittlere Geschwindigkeit der Pumpenkolben vermehren; allein dazu müßte man besonders den Ueberschuß des Gewichtes von den Gestängen über das der Wassersäulen, welche von den Kolben gehoben werden, vermehren, damit diese Gestänge schneller sänken; nun ist aber eine Vermehrung des Gewichtes von den Schachtgestängen offenbar eine unmittelbare Ursache der Verminderung des Nutzeffectes bei einer gleichen Triebkraft.

IV. Berechnung der Kraft einer Expansions-Dampfmaschine mit einem Cylinder.

Der Dampf, welcher in einem einzigen Cylinder durch Expansion wirkt, kann natürlich sowohl mit einem hohen, als mit einem niederen Drucke arbeiten. Besitzt derselbe im Cylinder vor dem Verschließen der Dampföffnungen eine höhere Spannung, als eine, zwei oder mehr Atmosphären, so kann er bis zu einem sogenannten mittleren Druck ausgedehnt und alsdann condensirt werden; wird er nicht condensirt, so hat er auf der anderen Seite des Kolbens immer den Widerstand von einer Atmosphäre zu überwinden. In jedem Falle wirkt jedoch der Dampf mit nur einem mitteren Drucke, und dieser eben ist es, den man kennen muß; denn multiplicirt man ihn mit der mittleren Geschwindigkeit, so giebt das Product die geleistete Quantität der Wirkung in 1'' u. s. w. Wie auch der ursprüngliche Dampfdruck sein möge, so muß der mittlere Druck immer berechnet werden durch die Formel:

$$(p - r - w)(n + A) - q.$$

In diesen Formeln bezeichnet p den ursprünglichen Dampfdruck; r und w die Verminderungen des Druckes, verursacht durch die Abkühlung, und erforderlich, um den Kolben die mittlere Geschwindigkeit zu geben; n den verhältnißmäßigen Theil des Kolbenzuges, während dessen der Dampf in den Cylinder strömt; A eine Zahl, abhängig von n.

Wenn statt p — r — w einfach gesetzt wird p, und dieses p auch die Spannung des Dampfes im Kessel minus derjenigen Quantität bezeichnet, welche durch Erkaltung verloren geht und welche zur Erzeugung der Geschwindigkeit S erforderlich ist, so bekommt die vorhergehende Formel folgende einfache Gestalt:

$$p(n + A) - q.$$

so daß nichts Anderes übrig bleibt, als für die verschiedenen Fälle, welche Statt finden können, die Werthe von p, q, n und A zu berechnen, oder den Ergebnissen entsprechend, welche in den beiden vorhergehenden Kapiteln erlangt worden sind, näher zu bestimmen.

Berechnung der Kraft für den Fall, daß der Dampf mit niederem Drucke arbeitet.

In diesem Falle hat der Dampf im Kessel eine Spannung, vermöge welcher er im Stande ist, auf jeden niederländischen Quadratzoll einen Druck auszuüben von 1,333 niederl. Pfunden (erstes Kapitel).

Die Abkühlung des Dampfes in den Röhren kann in einer Maschine, welche durch Expansion arbeitet, größer sein, als in einer Maschine, welche mit vollem Dampfdruck arbeitet, weil der Dampf keine Bewegung in den Röhren hat, während die Dampföffnung geschlossen ist; aber diese stärkere Abkühlung verursacht dann nur einen Verlust an Dampf. Wenn der Dampf in den Cylinder tritt, kann man den Verlust an Kraft, welcher durch die Abkühlung und durch den Druck entsteht, der nöthig ist, um die erforderliche mittlere Geschwindigkeit der Bewegung zu erzeugen, auf $\frac{1}{29}$ oder auch wohl $\frac{1}{25}$ anschlagen, weil der Dampf sich meistentheils erst um den Cylinder herum bewegen muß, bevor er in denselben eintritt, was die Abkühlung vermehrt und zugleich die Geschwindigkeit vermindert. Deßhalb ist

$$p = \tfrac{24}{25} \times 1{,}333 = 1{,}28.$$

Der Widerstand des nicht condensirten Dampfes kann geringer sein, als in dem Falle, wo der Dampf mit vollem Drucke wirkt, weil der ausgedehnte Dampf, der in den Condensator entweichen soll, bereits eine geringere Spannung, als von einer Atmosphäre besitzt — so groß nämlich pflegt die Spannung des

Dampfes zu sein, der mit vollem Drucke während des ganzen Kolbenzuges gewirkt hat. Für diesen Widerstand kann hier $\frac{1}{10}$ des ursprünglichen Dampfdruckes gesetzt werden.

Man kann annehmen, daß die übrigen Widerstände eben so viel betragen, als in dem Falle, wo der Dampf mit vollem Drucke wirkt, weil die verschiedenen Theile der Maschine solche Dimensionen besitzen, daß man die Maschine auch mit vollem Dampfdrucke kann arbeiten lassen. Diese Widerstände sind weiter oben angegeben, beinahe wie folgt, und zwar in der Voraussetzung, daß alle Theile der Maschine mit erwünschter Genauigkeit wirksam seien u. s. w.

$\frac{9}{25}$ der Kraft	wenn der Durchmesser des Kolbens groß ist	15 Zoll.
$\frac{8}{25}$ " "		25 "
$\frac{7\frac{1}{2}}{25}$ " "		30 "
$\frac{7\frac{1}{4}}{25}$ " "		40 "
$\frac{7}{25}$ " "		50 "
$\frac{6\frac{1}{2}}{25}$ " "		75 "
$\frac{6\frac{1}{4}}{25}$ " "		100 "

Aber dieses sind dann die absoluten Widerstände, und wenn die nützliche Kraft denselben entsprechend bestimmt ist, wird kein Uebermaß von Kraft vorhanden sein, über welches in vorkommenden Fällen verfügt werden, oder durch welches keine Ueberladung der Maschine Statt finden kann. In den Maschinen, welche mit Expansion arbeiten, kann man jedoch den Dampf während eines größeren Theiles des Kolbenzuges in den Cylinder treten lassen und

also die Kraft der Maschine erhöhen; deßhalb kann man in vielen Fällen die so eben angegebenen Widerstände als richtig, jedoch den Widerstand des nicht condensirten Dampfes lieber zu $\frac{2}{25}$, als zu $\frac{1}{10}$ annehmen. Aber wenn die mechanische Einrichtung, durch welche die Schieber bewegt werden, nicht so beschaffen ist, daß die Dampföffnungen während jedes Theiles des Kolbenzuges nach Belieben geschlossen werden können, oder wenn man die größere oder geringere effective Kraft während des Ganges der Maschine immer durch ein Drosselventil reguliren will, so muß die Summe der Widerstände größer angenommen werden, und zwar nach der oben mitgetheilten Tabelle in nachfolgenden Verhältnissen:

		wenn der Durchmesser des Cylinders beträgt
auf	0,676 Pfd. per □Zoll	15 Zoll
"	0,660 " " "	20 "
"	0,648 " " "	25 "
"	0,637 " " "	30 "
"	0,627 " " "	40 "
"	0,618 " " "	50 "
"	0,610 " " "	75 "
"	0,606 " " "	100 " u. s. w.

und addirt man dann zu diesen Widerständen denjenigen des nicht condensirten Dampfes $= \frac{1}{10}$ von 1,333 = 0,1333 niederl. Pfunde auf den Quadratzoll, so bekommt man den Werth der Größe, welche in der ersten Formel in diesem §. q genannt worden ist.

Um die Größe von n zu bestimmen, berücksichtigt man, daß sie wenigstens gleich sein müsse dem Ausdrucke

$$\frac{q}{p'}$$

weil die Spannung des Dampfes nach der Ausdehnung noch so groß ist, daß sie wenigstens den pas-

siven Widerständen das Gleichgewicht hält. Es kann zwar der Werth von n kleiner sein, aber dann wird auch der mittlere Druck um so viel kleiner, daß, um ihn hervorzubringen, verhältnißmäßig mehr Dampf nöthig ist, als erfordert wird, wenn man $n = \frac{q}{p}$ oder doch wenigstens beinahe gleich annimmt. Dieselbe Bemerkung gilt für den Fall, daß n größer genommen wird, und dieser Fall wird wohl eher eintreten, als der vorhergehende, weil bei einer späteren Absperrung der Dampföffnungen der mittlere Druck größer wird, und der Cylinder also einen kleineren Durchmesser zu haben braucht, worauf häufig mehr ankommt, als auf das Ersparen von Dampf.

Bestimmt man nun die Werthe von n entsprechend den oben angegebenen Werthen q und p, so wird man finden, daß von den kleinsten bis zu den größten Dampfmaschinen n einen Werth bekommt von $\frac{3}{8}$ bis $\frac{4\frac{1}{2}}{8}$, während für den Fall, daß die absoluten Widerstände allein berücksichtigt werden und die Maschine alsdann ohne ein wirkliches Uebermaß von Kraft arbeitet, der Werth von n von $\frac{3}{8}$ bis $\frac{4}{8}$ betragen wird. In beiden Fällen kann man die Durchschnittsgröße oder $\frac{4}{8}$ für den Werth von n annehmen, während der Effect nicht beträchtlich kleiner wird, wenn man n zu $\frac{\frac{1}{2}}{8}$ mehr oder weniger als $\frac{4}{8}$ annimmt. Ist also $n = \frac{4}{8}$ oder $\frac{1}{2}$, so muß der Zufluß des Dampfes in den Cylinder abgesperrt werden, wenn der Kolben bis auf die Hälfte seines Zuges empor- oder herabgestiegen ist. Da indessen der Fall eintreten kann, in welchem eine Maschine eine solche Einrichtung hat, daß die Communication des

Cylinders mit dem Kessel bei $\frac{3}{8}$, $\frac{4}{8}$, $\frac{5}{8}$, $\frac{6}{8}$ und $\frac{7}{8}$ des Kolbenzuges abgesperrt wird, so ist die Formel
$p (n + A) - q =$ dem mittleren Drucke
für alle Werthe von n berechnet, und die Resultate der Rechnung sind in folgender Tabelle zusammengestellt:

Werthe von n.	I. Werthe des mittleren niederen Dampfdruckes in niederl. Pfunden auf den niederl. Quadratzoll, unter der Voraussetzung, daß die Kraft noch ein reichliches Uebermaß behalte. Verschiedene Durchmesser, welche der Cylinder haben kann.					
	15 Zoll.	25 Zoll.	30 Zoll.	40 Zoll.	50 Zoll.	75 Zoll.
$n = \frac{3}{8}$	0,158	0,170	0,181	0,191	0,200	0,208
$n = \frac{4}{8}$	0,291	0,303	0,314	0,324	0,333	0,341
$n = \frac{6}{8}$	0,382	0,395	0,406	0,416	0,425	0,433
$n = \frac{6}{8}$	0,443	0,455	0,466	0,476	0,485	0,493
$n = \frac{7}{8}$	0,446	0,488	0,499	0,509	0,518	0,526
	II. Werthe des mittleren Druckes in niederl. Pfunden auf den Quadratzoll unter der Voraussetzung, daß der Dampf seinen größtmöglichen nützlichen Druck ausübe, und daß also die Kraft auf's Aeußerste gebracht werde.					
$n = \frac{3}{8}$	0,364	0,388	0,405	0,421	0,436	0,451
$n = \frac{4}{8}$	0,497	0 520	0,538	0,554	0,569	0,584
$n = \frac{5}{8}$	0,589	0,614	0,630	0,646	0,661	0,676
$n = \frac{6}{8}$	0,649	0,672	0,690	0,706	0,721	0,736
$n = \frac{7}{8}$	0,682	0,705	0,723	0,739	0,754	0,770

]enn man die Oberfläche des Kolbens in Qua-
]en multiplicirt mit dem mittleren Dampf-
]p (sowie derselbe nach dem Durchmesser des

Cylinders aus der oben stehenden Tabelle genommen werden muß) und auch mit der Geschwindigkeit auf die Minute in niederl. Ellen, so wird dieses Product, dividirt mit der Zahl 4556, die Kraft der Maschine in Pferdekräften angeben. Nennt man deßhalb die mittlere Geschwindigkeit per Secunde S, so wird das Vermögen der Maschine in Pferdekräften

$$P = 0{,}010343 \cdot D^2 \cdot p \cdot S,$$

diese Formel ist natürlich dieselbe, wie die Formel (1) des vorigen Kapitels.

Nimmt man an, daß der Cylinder abgesperrt werde, wenn der Kolben seinen halben Zug vollendet hat (obschon dieses mehr oder weniger für Cylinder von einem verschiedenen Durchmesser beträgt) und nimmt man aus den Zahlen, welche in obiger Tabelle mit $n = \frac{2}{4}$ übereinstimmen, die Durchschnittszahl, so wird sie beinahe gleich sein 0,32; wirkte der Dampf ohne Ausdehnung, so müßte der mittlere Dampfdruck = 0,51 sein. Hieraus folgt deßhalb, daß für Cylinder von gleichen Dimensionen die Kräfte der Maschine von niederem Drucke mit und ohne Ausdehnung des Dampfes, jedoch mit gleichen Geschwindigkeiten arbeitend, in Pferdekräften ausgedrückt, sich zu einander verhalten müssen, wie 32 zu 51, oder wie 1 zu 1,6, d. i. wie 10 zu 16, d. h., daß eine Dampfmaschine von 10 Pferdekräften, welche mit Ausdehnung des Dampfes arbeitet, eine Kraft ausüben kann von 16 Pferdekräften, sobald sie ununterbrochen mit vollem Dampfdrucke arbeitet.

Da sich ferner aus der vorhergehenden Formel ergiebt, daß die Quadrate der Durchmesser der Dampfmaschinencylinder sich gerade zu einander verhalten, wie die Kräfte dieser Maschinen in Pferdekräften ausgedrückt und umgekehrt, wie die Geschwindigkeiten und die Dampfdrucke auf den Quadratzoll, so muß daraus folgen, daß die Quadrate der Durchmesser

von zwei Dampfmaschinen von gleicher Anzahl Pferdekräften und mit gleicher Geschwindigkeit arbeitend, zu einander im umgekehrten Verhältnisse der Dampfdrucke auf den Quadratzoll stehen müssen; dieses ist für den gegenwärtigen Fall $= \frac{1}{32} : \frac{1}{51} = 51 : 32$. Folglich verhalten sich die Durchmesser selbst zu einander $= \sqrt{51} : \sqrt{32} = 7{,}1414 : 5{,}6568 = 1 : 0{,}792$ oder $= 1{,}262 : 1$.

Unter diesen Umständen wird eine Dampfmaschine von z. B. 20 Pferdekräften, die mit vollem Dampfdrucke arbeitet und nach der Tabelle des Art. 53. einen Cylinder von 59,3 Zollen Durchmesser besitzt, einen Durchmesser haben müssen von $59{,}3 \times 1{,}262 = 74{,}8$ Zollen, um bei dem halben Kolbenzuge mit Ausdehnung des Dampfes zu arbeiten. Auf diese Weise wird man mit Hülfe der Tabelle des vorigen Kapitels den Durchmesser des Cylinders einer Maschine, die mit Expansion arbeitet, immer sehr leicht unter der Voraussetzung bestimmen können, daß für den Dampfdruck die mittleren Drucke genommen werden, welche in der oben stehenden Tabelle angegeben sind, und daß die Geschwindigkeit der Bewegung dieselbe sei, wie in der erwähnten Tabelle angenommen wird. In jedem anderen Falle muß man die Formel

$$D = 9{,}8328 \sqrt{\frac{P}{p \cdot S}}$$

anwenden, um den Durchmesser des Cylinders zu berechnen.

Anmerkungen. 1) Aus dem zweiten Theile der oben stehenden Tabelle ergiebt sich, daß, wenn der Dampf mit seinem größten Drucke und bei'm halben Kolbenzuge durch Ausdehnung wirksam ist, mit den mittleren Dampfdruck einem vollen Drucke von 0,51 Pfund gleichsetzen kann, mit welchem z. B. eine Dampfmaschine von niederem Drucke

arbeitet; weßhalb eine Dampfmaschine von niederem Drucke, die eingerichtet ist, um sowohl durch Ausdehnung des Dampfes, als mit vollem Drucke zu arbeiten, dasselbe Vermögen ausüben kann, wenn der Dampf bei'm halben Kolbenzuge durch Expansion wirksam ist, als wenn der Kolben während des ganzen Zuges den vollen Dampfdruck empfängt, sobald nur im ersten Falle der Dampf mit seiner äußersten Kraft (d. h. ohne Uebermaß) thätig ist.

2) Wenn die Dampföffnungen bei $\frac{7}{8}$ des Kolbenzuges geschlossen werden, so daß der Dampf nur während des letzten $\frac{1}{8}$ des Kolbenzuges mit Ausdehnung des Dampfes arbeitet, so ergiebt sich aus dem ersten Theile der vorhergehenden Tabelle, daß, mit Ausnahme sehr kleiner Maschinen, der mittlere Dampfdruck = 0,51 Pfund auf den Quadratzoll beträgt, welches der mittlere Druck ist, mit welchem, wie man sich denken kann, Dampfmaschinen von niederem Drucke während des ganzen Kolbenzuges arbeiten, ohne im Mindesten überladen zu sein. Eine Dampfmaschine, welche nur während $\frac{7}{8}$ des Kolbenzuges mit vollem Dampfdrucke arbeitet, ist so zu berechnen, als ob sie mit vollem Dampfdrucke arbeitete. Bei den meisten Dampfmaschinen von niederem Drucke ist die Bewegung der Schieber sonst so eingerichtet, daß die Dampföffnungen bereits geschlossen sind, wenn der Kolbenzug noch nicht vollendet ist, oder daß der Dampf schon vor Beendigung des Kolbenzuges nach dem Condensator abfließen kann, obschon man dann noch von ihm sagen kann, daß er mit vollem Drucke wirke. Der Hauptvortheil bei dieser Einrichtung besteht darin, daß die wirkende Kraft und auch einigermaßen die Geschwindigkeit gegen das Ende des Kolbenzuges vermindert werden, und daß deßhalb die

Veränderung der Richtung der Bewegung des Kolbens, mit dem wenigsten Verlust an Kraft, so sanft wie möglich Statt findet. Mit diesem letzteren wird also einigermaßen gewonnen, was durch die frühere Verschließung der Dampföffnungen verloren ging, und man kann deßhalb immer sagen, daß der Dampf mit vollem Drucke wirksam gewesen sei. Man darf indessen diese Aeußerung nicht im vollsten Sinne nehmen; denn wenn die Bewegung der Schieber so beschaffen ist, daß die Dampföffnungen nicht auf einmal geöffnet oder geschlossen werden, sondern daß dieses nach und nach geschieht, so werden die Oeffnungen auch nach und nach enger, nachdem der Kolben über die Hälfte seines Zuges gelangt ist; und da diese Verengerung das Einstreichen des Dampfes behindert, so muß (ohne auch die unregelmäßige Bewegung des Kolbens in Anschlag zu bringen, wenn die Kurbel sich regelmäßig umdreht) die Dichtigkeit des Dampfes im Cylinder sehr veränderlich sein, so daß er in manchen Augenblicken der Bewegung eher durch Ausdehnung, als mit einem unveränderlichen Drucke wirksam sein wird.

Wird der Dampf bei $\frac{7}{8}$ des Kolbenzuges abgesperrt, so gewinnt man dabei nicht etwa $\frac{1}{8}$ Dampf, weil der Raum zwischen dem Deckel oder dem Boden des Cylinders und dem Kolben, wenn letzterer in seinem höchsten oder tiefsten Stande ist, auch mit Dampf gefüllt sein muß, von welchem man wenig Vortheil hat, wenn der Dampf mit vollem Drucke wirkt. Im Allgemeinen kann man das erwähnte $\frac{1}{8}$ nicht als eine Ersparniß betrachten, wenn die Dampföffnungen bei $\frac{7}{8}$ des Kolbenzuges geschlossen werden; sondern die Quantität des verbrauchten Dampfes muß dann der Quantität gleich gesetzt werden, welche der Cylinder zu fassen vermag, da seine Länge gleich ist der Länge des Kolbenzuges.

Für mittleren Dampfdruck ist die erwähnte Tabelle in der Voraussetzung berechnet, daß der Dampf nur während $\frac{7}{8}$ oder $\frac{9}{10}$ des Kolbenzuges in den Cylinder ströme; — aber wenn man, um ganz genau zu Werke zu gehen, den Druck der Größe des Cylinderdurchmessers entsprechend rechnet und so, wie diese Drucke in der untersten Zahlenreihe des ersten Theiles der vorhergehenden Tabelle angegeben sind, so müssen die Durchmesser der Cylinder, die in der Tabelle angegeben sind, in dem Verhältnisse der Quadratwurzeln aus dem Verhältniß zwischen den Drucken, die in beiden Tabellen angegeben sind, vergrößert werden. Auf diese Weise muß nach der Tabelle der Durchmesser des Cylinders einer Maschine von 40 Pferdekräften 79½ Zoll enthalten und der Dampf mit einem Drucke von 0,536 Pfund auf den Quadratzoll wirksam sein. Nach der vorhergehenden Tabelle soll der mittlere Dampfdruck in einem Cylinder von mehr, als 75 Zoll Durchmesser reichlich 0,526 Pfund betragen, wenn der Dampf nur auf $\frac{7}{8}$ des Kolbenzuges wirkt. Nun ist das Verhältniß zwischen diesen Drucken $= 536 : 526 = 1{,}019 : 1$, und die Quadratwurzel aus diesem Verhältnisse $= 1{,}0095 : 1$; weßhalb der Durchmesser von 79,5 werden muß $79{,}5 \times 1{,}0095 = 80{,}2$ Zoll rc., aber es wird dann vorausgesetzt, daß die Geschwindigkeiten sich gleich seien.

3) Nennt man den Druck des Dampfes auf den Quadratzoll p, und das Volumen des Dampfes von niederem Drucke V, so wird die Quantität der Wirkung, welche 1 Pfund Dampf in derselben Maschine leistet, ausgedrückt werden durch die Formel

$$\frac{10\, V \cdot p}{n}.$$

Es habe z. B. der Cylinder einen Durchmesser von 50 Zollen, so ist der Dampfdruck = 0,527 Pfund auf den Quadratzoll, wenn der Dampf mit vollem Drucke wirkt; für diesen Fall ist $n = 1$, und die Quantität der Wirkung kann deßhalb ausgedrückt werden durch

$$10\ V \times 0{,}527.$$

Wirkt der Dampf durch Ausdehnung bei'm halben Kolbenzuge, so ist $n = \frac{1}{2}$ und $p = 0{,}333$, siehe den ersten Theil der vorhergehenden Tabelle; deßhalb ist $p : n = 0{,}666$, und die geleistete Quantität der Wirkung wird nun

$$= 10\ V \times 0{,}666,$$

d. i. reichlich $\frac{1}{4}$ mehr, als in dem Falle, wo der Dampf mit vollem Drucke wirkt, und $\frac{1}{8}$ mehr, wenn die Verschließung der Dampföffnungen bei $\frac{7}{8}$ des Kolbenzuges erfolgt. Der Nutzen, welcher mit dem Gebrauch einer Dampfmaschine verbunden ist, die mit Dampfausdehnung arbeitet, geht hieraus deutlich hervor. Es läßt sich aber auch daraus ersehen, daß die größte Quantität der Wirkung erlangt wird, wenn die Absperrung des Dampfes bei $\frac{1}{2}$, oder bei $\frac{5}{8}$ des Kolbenzuges, oder zwischen diesen Grenzen erfolgt; denn für $n = \frac{3}{8}$, $n = \frac{5}{8}$ und $n = \frac{6}{8}$ wird $p = 0{,}200$, $p = 0{,}425$ und $p = 0{,}485$, so daß die Quantitäten der geleisteten Wirkung gleich werden

$$10\ V \cdot 0{,}320;\ 10\ V \cdot 0{,}680 \text{ und } 10\ V \cdot 0{,}647.$$

In einer Maschine von der hier angegebenen Dimension wird es deßhalb noch vortheilhafter sein, den Dampf bei fast $\frac{5}{8}$ des Kolbenzuges abzusperren, als schon bei dem halben Kolbenzuge (gleichwohl macht die Differenz noch nicht $\frac{1}{30}$ aus), was auch durch die weiter oben mitgetheilten Gründe bestätigt wird; denn für einen Cylinder von 50 Zoll Durch=

messer ist der Widerstand geschätzt auf ungefähr 0,618 Pfund auf den Quadratzoll, addirt man dazu den Widerstand des nicht condensirten Dampfes 0,134 Pfund, so wird der totale Widerstand = 0,752 = q. Dieser Widerstand nun verhält sich zur Spannung p des Dampfes im Cylinder (1,280 Pfund auf den Quadratzoll) beinahe wie 5 zu 8, weßhalb der Werth von n hier = $\frac{p}{q}$ = $\frac{8}{5}$ oder etwas weniger sein muß. In demselben Falle wird es auch vortheilhafter sein, den Dampf mit vollem Drucke wirken zu lassen, als denselben schon bei weniger, als der Hälfte des Kolbenlaufes abzusperren; denn die Quantitäten der Wirkung verhalten sich in diesen zwei Fällen zu einander, wie 527 zu 520, und ist die Differenz dieser Zahlen bereits an sich selbst beträchtlich, so wird sie es in der Praxis noch mehr sein, weil wegen der Abkühlung, die mit der Ausdehnung des Dampfes verbunden ist, die vorausgesetzte regelmäßige Abnahme der Dampfspannung weniger wahrscheinlich wird, je weiter diese Ausdehnung geht. Auch wird der Verlust an Dampf, den die Abkühlung im Mantel verursacht, um so größer, je kürzer der Theil des Kolbenzuges ist, während dessen er in den Cylinder tritt; und die Quantität des Effectes, den 1 Pfund Dampf leistet, muß dabei kleiner werden, als die oben berechneten Zahlen angeben.

4) Angenommen, die Spannkraft des Dampfes nehme in demselben Verhältnisse ab, in welchem der Raum, wo der Dampf sich nach und nach ausdehnt, zunimmt, so kann man den mittlern Dampfdruck durch eine einfache Berechnung immer sehr annähernd ausmitteln. Für diesen Zweck theile man die Länge des Kolbenzuges in eine gewisse Anzahl gleicher

Theile, z. B. in 16 Theile (obgleich das Resultat um so genauer werden wird, je größer die Anzahl dieser Theile genommen ist); wenn dann die Absperrung des Dampfes z. B. bei $\frac{5}{8} = \frac{10}{16}$ des Kolbenzuges Statt findet, und der ursprüngliche Dampfdruck im Cylinder 1,28 Pfund auf den Quadratzoll beträgt, so wird der Kolben während der zehn ersten Augenblicke einen Druck erfahren von 1,28 Pfund auf jeden Quadratzoll. Nach dem elften Augenblicke hat sich der im Raume enthaltene und durch die Zahl 10 dargestellte Dampf in dem Raume 11 ausgedehnt; der ursprüngliche Druck ist deßhalb kleiner geworden im Verhältnisse von 11 zu 10 und zwar $= \frac{10}{11} \times 1,28 = 1,1636$ Pfund. Auf dieselbe Weise wird der Druck nach dem zwölften Augenblicke $= \frac{10}{12} \times 1,28 = 1,0666$ geworden sein, und nach dem dreizehnten, vierzehnten, funfzehnten und sechzehnten Augenblicke findet man gleichfalls für die genannten Drucke 0,9846; 0,9143; 0,8533 und 0,8 Pfund auf den Quadratzoll.

Addirt man die zehn gleichen Drucke von 1,28 Pfund (= 12,8) zusammen mit den 6 letzten Drukken, und dividirt man die Summe 18,5824 mit der Zahl der Augenblicke 16, so wird der mittlere Dampfdruck im Cylinder = 1,162 Pfund auf den Quadratzoll. Hat nun der Cylinder einen Durchmesser von 60 niederländ. Zollen, so ist die totale Summe der Widerstände q = 0,752 Pfund auf den Quadratzoll (siehe die vorhergehende Anmerkung). Zieht man diesen Widerstand von 1,162 Pfund auf den Quadratzoll ab, so wird der mittlere nützliche Dampfdruck = 0,410 Pfund auf den Quadratzoll, welche Zahl der wahren Zahl 0,425 um so viel näher kommen wird, da die Anzahl Augenblicke größer genommen war.

5) Aus der soeben gemachten Berechnung ergiebt

sich auf's Deutlichste, wie sehr sich die nützliche Kraft des Dampfes in dem Verhältnisse vermindert, in welchem die Ausdehnung zunimmt, so daß zu Ende des Kolbenzuges der nützliche Druck beinahe gänzlich vernichtet ist. Die Geschwindigkeit der Bewegung des Kolbens muß davon, an und für sich betrachtet, sehr stark afficirt werden. Denn so lange der Dampf in den Cylinder strömt, besteht ein beträchtliches Uebermaß der Kraft (0,527 Pfund Druck auf den Quadratzoll) über die Last (die man auf 0,425 Pfund Druck auf den Quadratzoll anschlagen muß); wird nun die Dampföffnung bei $\frac{5}{8}$ oder $\frac{10}{16}$ des Kolbenzuges geschlossen, so wird die Kraft während $\frac{1}{16}$ des Kolbenzuges noch Uebermaß behalten, aber jenseits dieses Punctes übt die Kraft weniger Druck aus, als die Last Widerstand darbietet; allein wegen des ersten reichlichen Uebermaßes und wegen der ersten mitgetheilten Bewegung wird diese dann während des übrigen Theiles des Kolbenlaufes fortdauern müssen. Die Geschwindigkeit kann deßhalb in den ersten Augenblicken beträchtlich sein, aber sie wird nach Schließung der Dampföffnung verzögert, und die Bewegung wird selbst sehr geschwind, so zu sagen, erlöschen, so bald, wenn der Kolbenzug lang ist, oder die Absperrung des Dampfes frühzeitig erfolgt, keine mechanischen Mittel vorhanden wären (wie z. B. Schwungräder, veränderliche Hebelarme u. s. w.), durch welche die Bewegung noch unterhalten werden könnte.

Wenn an einer Dampfmaschine, die mit Dampfausdehnung arbeitet, ein gehöriges Schwungrad angebracht ist, so kann die Bewegung des Kolbens, oder auch wohl diejenige der Welle des Schwungrades beinahe ganz regelmäßig unterhalten werden, obschon auch der Druck des Dampfes zu Ende des Kolbenzuges schwächer wird, als nöthig ist, um der Last das Gleichgewicht zu halten. Hat eine Dampfma-

schine kein Schwungrad, sondern theilt z. B. der Kolben seine auf- und niedergehende Bewegung unmittelbar den arbeitenden Theilen mit (z. B. einem Pumpenwerke), so muß die Bewegung des Kolbens am Ende des Zuges verzögert werden, während sie zu Anfang beschleunigt sein mußte. Jedoch muß durch diese Beschleunigung und die darauf folgende Verzögerung und durch die Trägheit der Theile die Bewegung bis auf einen Augenblick vor dem Ende des Kolbenzuges der Regelmäßigkeit sehr nahe kommen können; und mit einer Maschine, welche auf die hier vorausgesetzte einfache Weise eingerichtet ist, muß dann noch ein großer Vortheil verbunden sein, nämlich den Dampf, zumal da er ursprünglich einen hohen Druck ausübt, durch Ausdehnung arbeiten zu lassen, sobald die Dampföffnungen nicht zu früh geschlossen werden, so daß die Bewegung bis an's Ende des Zuges fortdauern kann (es muß der beste Augenblick zur Verschließung dieser Oeffnungen alsdann durch Versuche an der Maschine selbst bestimmt werden).

Aber abgesehen von der Einrichtung der Maschine, welches wird dann die mittlere Geschwindigkeit des Kolbens sein in Bezug auf die Geschwindigkeit, welche durch die ununterbrochene Wirkung des Dampfes mit vollem Druck erzeugt werden kann? Die vorhergehenden Berechnungen sind gegründet auf die Voraussetzung, daß die Geschwindigkeit im Durchschnitte nicht von derjenigen verschieden sei, welche für die Bewegung des Kolbens mit vollem Dampfdruck angenommen ist, und obschon man im Voraus auch eine andere mittlere Geschwindigkeit des Kolbens bestimmen könnte, so kann man dennoch auf diese Berechnungen fußen, weil man das, was an der vorausgesetzten Schnelligkeit fehlt, oder was dieselbe übertrifft, mittelst eines Drosselventils reguliren kann.

Es ist jedoch sehr schwierig, wo nicht unmöglich, zum Voraus durch Berechnungen zu bestimmen, welches für einen gegebenen ursprünglichen Dampfdruck u. s. w. die unmittelbare Geschwindigkeit des Kolbens sein müsse, wenn die Dampföffnungen bei einem bestimmten Augenblicke des Kolbenzuges geschlossen werden, weil eines Theils die Regelmäßigkeit der Bewegung des Dampfes im Cylinder zu sehr veränderlich ist, und weil die bestimmte Quantität der beschleunigten Bewegung, welche durch den Dampf, der mit vollem Druck und mit Uebermaß von Spannung wirkt, mitgetheilt werden kann, nicht zuverlässig bekannt ist.

Ist es ausgemacht, daß die Geschwindigkeiten sich verhalten wie die Quadratwurzeln der Längen des Kolbenzuges, so muß man die mittlere Geschwindigkeit eines Kolbens, der durch die Ausdehnungskraft des Dampfes bewegt wird, sehr approximativ auf folgende Weise bestimmen können:

Es sei der nützliche Dampfdruck z. B. 0,527 Pfund auf den Quadratzoll; wenn dann der Kolbenzug 1 beträgt, so muß die Quantität der Wirkung sein = 0,527, wenn der Dampf den ganzen Kolbenzug über mit vollem Drucke wirkt. Wirkt nun der Dampf durch Ausdehnung auf $\frac{2}{3}$ des Kolbenzuges, so muß man den mittlern Dampfdruck zu 0,425 Pfund auf den Quadratzoll annehmen (siehe oben); so daß die mittlere Quantität der Wirkung bei einem gleichen Kolbenzuge, wie soeben für den vollen Dampfdruck angenommen worden ist, auf 0,425 kommt. Diese letzte Quantität der Wirkung wird gleichwohl auch geleistet, wenn der Dampf mit vollem Druck (0,527) wirksam ist, aber der Kolbenzug $= \frac{425}{527}$ ist; es wird nun die Geschwindigkeit,

die zuvor proportional war $\sqrt{1} = 1$, proportional $\sqrt{\frac{425}{527}}$, d. i. beinahe proportional $\frac{11}{12}$, oder auch die Geschwindigkeit des Kolbens muß, wenn der Dampf durch Ausdehnung wirksam ist, in diesem Falle nur $\frac{11}{12}$ der Geschwindigkeit des Kolbens betragen, wenn der Dampf in demselben Cylinder ununterbrochen mit vollem Drucke wirkte, während im Allgemeinen diese Geschwindigkeiten sich zu einander verhalten, wie die Quadratwurzeln der mittlern und größten oder vollen Dampfdrucke.

Berechnung der Kraft der Dampfmaschinen von sogenanntem mittlern Druck.

In den Dampfmaschinen von sogenanntem mittlern Druck hat der Dampf im Kessel eine höhere Spannung, als $1\frac{1}{2}$ Atmosphären; nachdem er im Cylinder durch Expansion gewirkt hat, wird er condensirt.

Die Dampfmaschinen von mittlerem Druck sind gerade so eingerichtet, wie die von niederem Druck, nur mit dem Unterschiede, daß die Dampfkolben metallene Liderung haben, sobald der Dampf eine ursprüngliche Spannung besitzt von z. B. mehr, als 1 Atmosphäre über den Druck des Dunstkreises.

Dieselbe Formel

$$p\,(u + A) - q,$$

welche weiter oben benutzt worden ist, um den mittlern Druck des Dampfes auf den Kolben zu berechnen, muß auch hier für denselben Zweck dienen; aber die Größen p und q bekommen hier nothwendig andere Werthe.

Die Größe p drückt aus den totalen Druck des Dampfes im Cylinder auf den Quadratzoll, oder, was dasselbe ist, den totalen Druck des Dampfes im

Kessel minus demjenigen Theile, welcher durch die Abkühlung in den Röhren und im Cylinder verloren geht, und welcher erforderlich ist, um dem Kolben die nöthige mittlere Geschwindigkeit mitzutheilen; und diese Drucke sind angegeben in der obigen kleinen Tabelle, weßhalb sie auch für den gegenwärtigen Fall die Werthe von p ausdrücken.

Der Widerstand des nicht condensirten Dampfes kann, im Durchschnitte genommen, als ebenso hoch in Ansatz gebracht werden, wie in den Maschinen von niederem Druck und also gesetzt werden = 0,167 Pfd. per Quadratzoll, wegen seiner ungleichen Gegenwirkung bei'm Entweichen (vergl. erstes Kapitel).

Zur Ueberwindung der Reibung des Dampfkolbens und der Schieberventile wird ein um so größerer Theil der Kraft erfordert, je höhern Druck der Dampf ausübt; desgleichen wird auch mehr Kraft erfordert zur Bewegung der Luftpumpe und der Wasserpumpen, als für den Fall, wo der Dampf ursprünglich einen niedern Druck ausübt. Denn der hochdrückende Dampf behält nach der Expansion im Cylinder meistens eine höhere Spannung, als von 1 Atmosphäre (wovon man sich sogleich wird überzeugen können), und um diesen dichtern Dampf gehörig abzukühlen, ist mehr kaltes Wasser nöthig, auch wird dann eine verhältnißmäßig größere Luftpumpe erfordert, als wenn die Spannung des ausgedehnten Dampfes demjenigen von einer Atmosphäre gleich ist. Die mittleren Werthe aller dieser Verluste und Widerstände sind, so weit dieses möglich war, nach denselben Grundsätzen berechnet, nach welchen die Werthe der Widerstände in einer gewöhnlichen Dampfmaschine von niederem und von hohem Druck berechnet worden sind; zu diesen Werthen sind diejenigen des Widerstandes des nicht condensirten Dampfes und des gehörigen Uebermaßes hinzugefügt, welches

die Kraft über die Last haben muß. Auf diese Weise sind dieselben in folgender Tabelle zusammengestellt.

Totale Spannung des Dampfes in Atmosphären.	Dampfspannung im Cylinder, oder Werthe von p in niederl. Pfunden auf den Quadratzoll.	Quantität aller Widerstände oder Werthe von q in niederl. Pfunden auf den niederl. Quadratzoll.
2	1,985	0,880
$2\frac{1}{2}$	2,480	1,020
3	2,970	1,175
$3\frac{1}{2}$	3,465	1,340
4	3,955	1,520
$4\frac{1}{2}$	4,450	1,700
5	4,930	1,890
$5\frac{1}{2}$	5,415	2,080
6	5,890	2,280
$6\frac{1}{2}$	6,360	2,485
7	6,830	2,695
$7\frac{1}{2}$	7,295	2,910
8	7,750	3,125
9	8,680	3,560

Wenn man die angegebenen Werthe der Größe q mit den entsprechenden Werthen der Größe p dividirt, so wird man die Werthe von n erfahren. Auf diese Weise wird man finden, daß für zwei Atmosphären $n = \frac{7}{16}$ und übrigens für höhere Spannungen $n =$ beinahe $\frac{6\frac{1}{2}}{16} = \frac{13}{32}$ beträgt; dabei sind nämlich einige kleine Abweichungen in den Resultaten nicht in Anschlag zu bringen, welche auch schon vorauszusehen waren, weil wir über die richtige Quantität der Widerstände ebensowenig, als über das richtige Maß der Dampfspannung im Cylinder eine zuverlässige Kenntniß besitzen. Man kann also

annehmen, daß, um den größten Effect zu erlangen, die Communication zwischen dem Kessel und dem Cylinder abgesperrt werden muß, wenn der Kolben $\frac{1}{2\frac{1}{3}}$ seines Laufes vollendet hat, und hierfür wird man in der Praxis häufig $\frac{7}{15}$ oder $\frac{1}{3\frac{1}{2}}$ nehmen müssen, um bei hohen Drucken das ungleiche Einströmen des Dampfes in den Cylinder einigermaßen mit in Rechnung zu bringen.

Da die vortheilhafteste Verschließung der Dampföffnungen in einem solchen Theile des Kolbenzuges Statt finden muß, daß die Spannung des ausgedehnten Dampfes am Ende des Kolbenzuges den sämmtlichen Widerständen q das Gleichgewicht hält, so müssen die oben angegebenen Werthe von q auch die Quantitäten dieser Spannung ausdrücken. Daraus ergiebt sich dann, daß, wenn der Dampf eine ursprüngliche Spannung von $3\frac{1}{2}$ Atmosphären besitzt, seine übrigbleibende Spannung nach der Expansion noch 1,34 Pfund auf den niederländischen Quadratzoll betragen muß, welche Spannung gleich ist derjenigen des Dampfes von niederem Druck im Kessel.

Um in diesem Falle die Luft, den unverdichteten Dampf und das nöthige Condensationswasser aus dem Condensator zu pumpen, muß die zur Maschine gehörige Luftpumpe — welche dieselben Dimensionen hat, als ob der Dampf mit niederem, jedoch mit vollem Druck wirksam wäre — ausreichend sein können; aber sie hat dann auch beinahe das Aeußerste zu verrichten, was man von ihr erwarten darf.

Ist die ursprüngliche Spannung deßhalb größer, als $3\frac{1}{2}$ Atmosphären, und muß der Dampf bis zu demselben Grade condensirt werden, wie in einer Maschine von niederem Druck (was hier vorausgesetzt ist), so ist dazu eine größere Quantität Verdichtungswasser, eine größere Kaltwasserpumpe und eine größere Luftpumpe erforderlich; um letztere in Bewegung

zu setzen, ist folglich eine verhältnißmäßig größere Kraft nöthig, als es der Fall sein würde, wenn die Dimensionen dieser Pumpen so, wie für eine gewöhnliche Dampfmaschine von niederem Druck, regulirt werden könnten. Diese Zunahme des Widerstandes ist bei der Bestimmung der oben angegebenen Werthe von q in Rechnung gebracht.

Welches auch die Werthe von n sein mögen, so ist man, da die Werthe von q durch die vorhergehende kleine Tabelle bekannt sind, auch im Stande, den mittlern Druck durch die Formel

$$p\,(n + A) - q$$

zu berechnen. Diese Berechnungen sind hier nur für den Fall ausgeführt, daß der Werth von n für das Maximum des Effectes $= \frac{1\frac{3}{4}}{2}$ sei; alsdann hat man

$$n = \frac{q}{p} \text{ oder } q = p\,n$$

und der mittlere Druck ist also

$$= p\,(n + A) - q = p\,n + p\,A - p\,n$$
$$= p \cdot A.$$

Für $n = \frac{6\frac{1}{2}}{16}$ ist $A = 0{,}36594$, und diese Zahl braucht dann nur mit den verschiedenen Werthen, die p haben kann, multiplicirt zu werden, um die entsprechenden Werthe für den mittlern Druck zu bekommen. Diese Werthe sind hier jedoch nur nach einem mittlern Durchschnitte für einen Cylinder von 35 bis 40 Zoll Durchmesser berechnet, wie auch weiter oben geschehen ist.

Totale Dampfspannung in Atmosphären.	Mittlere Werthe des nützlichen Theiles des mittlern Dampfdruckes in Pfunden auf den Quadratzoll.
2	0,725
$2\frac{1}{2}$	0,907
3	1,085
$3\frac{1}{2}$	1,270
4	1,447
$4\frac{1}{2}$	1,630
5	1,810
$5\frac{1}{2}$	1,980
6	2,155
$6\frac{1}{2}$	2,327
7	2,500
$7\frac{1}{2}$	2,670
8	2,835
9	3,175

Nachdem der nützliche Druck auf den Quadratzoll durch die Zahlen dieser kleinen Tabelle bekannt ist, ist es ferner nicht schwierig, das Vermögen der Maschine in Pferdekräften zu berechnen, indem dieselben Formeln, welche dazu in den vorhergehenden Artikeln gedient haben, auch hier wiederum angewendet werden müssen.

Die weiter oben gemachten Anmerkungen sind zum großen Theil auch auf das hier Abgehandelte anwendbar; die Entwickelung derselben bleibt dem Leser überlassen. Man darf indessen hier nicht übersehen, daß, wenn man mit den Zahlen, die in der vorhergehenden Tabelle und in der achten Columne von Tabelle IV. (erste Abtheilung) vorkommen, die Formel

$$\frac{10\, V \cdot p}{n}$$

berechnet, um die Quantität der Wirkung zu bestimmen, welche 1 Pfund Dampf leistet, man alsdann finden wird, daß diese Quantität stets mit der Dampfspannung zunimmt, und daß sie von 2 bis 9 Atmosphären gleich ist 1⅞ bis 2, wenn man die Quantität der Wirkung, die 1 Pfund Dampf von niederem Drucke leistet, = 1 setzt. Der Nutzen der Anwendung des Dampfes von mittlerem Druck ist daraus sichtbar, und das Einzige, was bei der Anwendung des Dampfes von einem niedern Druck hier gegenüber stehen kann, ist, daß bei diesem letztern immer ein relativ größeres Uebermaß von Kraft vorhanden ist, als nach der Voraussetzung vorhanden sein soll, wenn der Dampf einen ursprünglich hohen Druck ausübt.

Berechnung, um die Kraft von Dampfmaschinen zu bestimmen, welche mit hohem Druck und durch Ausdehnung des Dampfes wirken.

Wenn in einer gewöhnlichen Dampfmaschine von hohem Druck die Einrichtung der Schieber so ist, daß die Dampföffnungen vor dem Ende, oder lieber bei einem gewissen Theile des Kolbenzuges geschlossen werden, so muß der Dampf während des noch übrigen Theiles des Kolbenzuges durch Ausdehnung wirken.

Es ist wiederum dieselbe Formel

$$pn + pA - q,$$

welche in den vorhergehenden Artikeln bereits benutzt worden ist, und welche auch jetzt angewendet werden muß, um den mittlern Dampfdruck zu berechnen.

Die Werthe von p sind wiederum gleich denen, welche weiter oben angegeben worden sind; und da man annehmen kann, daß die Widerstände denen vollkommen gleich sind, welche in einer gewöhnlichen Dampfmaschine von hohem Drucke überwunden wer-

den müssen, so erfährt man die Werthe von q, wenn man die nützlichen Drucke, welche in der letzten Columne der oft erwähnten Tabelle angegeben sind, abzieht von den eben genannten Werthen der Größe p. Diese Werthe von q mit denjenigen von p dividirt, geben n, und die Formel

$$p \cdot A$$

giebt dann ferner die Quantität des mittlern Druckes, durch welchen der höchste Effect erlangt werden kann. Die Resultate dieser Berechnungen sind für Cylinder von Mittelgröße in folgender Tabelle zusammengestellt.

Dampfspannung über den Druck des Dunstkreises in Atmosphären.	Werthe von n in den aufeinanderfolgenden $\frac{1}{16}$ Theilen des Kolbenzuges.	Werthe des nützlichen Theiles des mittlern Dampfdruckes, ausgedrückt in niederl. Pfunden auf den niederl. Quadratzoll.
$1\frac{1}{2}$	$11\frac{1}{2}$	0,585
2	$10\frac{4}{5}$	0,790
$2\frac{1}{2}$	$10\frac{1}{4}$	0,990
3	$9\frac{3}{5}$	1,190
$3\frac{1}{2}$	$9\frac{1}{3}$	1,400
4	9	1,595
$4\frac{1}{2}$	$8\frac{2}{3}$	1,800
5	$8\frac{1}{3}$	2,000
$5\frac{1}{2}$	$8\frac{1}{8}$	2,195
6	8	2,370
$6\frac{1}{2}$	$7\frac{2}{3}$	2,555
7	$7\frac{2}{5}$	2,740

Aus der Vergleichung der Zahlen dieser Tabelle mit denen der vorhergehenden ergiebt sich, daß der nützliche Dampfdruck immer größer ist, wenn Condensation Statt findet, als wenn der Dampf, nach-

dem er bis zu einem gewissen Grad ausgedehnt worden ist, in die Atmosphäre entweicht, was auch wegen des größern Widerstandes schon im Voraus einzusehen war. Wenn man ferner die Formel

$$\frac{10\,V \cdot p}{n}$$

berechnet, so werden die Resultate ergeben, daß ein Pfund Dampf, wenn Condensation Statt findet, immer mehr Effect gewährt, als wo dieses nicht der Fall ist, indem dieser Effect für Drucke von $1\frac{1}{4}$ und $2\frac{1}{2}$ Atmosphären (über den Druck des Dunstkreises) wohl $2\frac{1}{2}$ Mal größer ist, und für sehr hohe Drucke von z. B. $6\frac{1}{2}$ und 7 Atmosphären noch wohl $\frac{1}{3}$ mehr beträgt. Insofern diese Resultate genau sein können, möchte nun wohl, die Consumtion des Dampfes und die Quantität des relativen nützlichen Druckes anlangend, eher Nachtheil, als Vortheil mit der Anwendung von Dampfmaschinen verbunden sein, die mit hohem Dampfdruck und mit Expansion arbeiten; aber sie nehmen gleich den gewöhnlichen Dampfmaschinen von hohem Druck wenig Raum ein, erfordern eine geringe Quantität Wasser, sind leichter und weniger kostbar, als Dampfmaschinen irgend einer andern Art und können folglich, aus diesen Gesichtspuncten betrachtet, häufig vorzugsweise vor andern Maschinen benutzt werden, um irgend einen Effect zu leisten.

Es ist nicht nöthig, für den gegenwärtigen Fall das Verfahren zu wiederholen, durch welches man das Kraftvermögen einer Maschine in Pferdekräften berechnet. Der Leser, welcher dem Vorausgegangenen Aufmerksamkeit gewidmet hat, wird im Stande sein, diese Berechnung selbst anzustellen, und ebenso wird es keine Schwierigkeit verursachen, die oben stehenden

Berechnungen für Cylinder von verschiedenem Durchmesser auszuführen.

VII. Berechnung der Kraft einer Expansions-Dampfmaschine von mittlerem, niederem, oder hohem Druck, und mit zwei mit einander verbundenen Cylindern.

Es sollen hier, wie im vorhergehenden §. VI, drei Fälle erörtert werden.

1) Welchen Effect der Dampf von niederem Druck hat, wenn derselbe im ersten Cylinder mit vollem Druck und im zweiten oder großen Cylinder durch Ausdehnung wirksam ist und nachher condensirt wird.

2) Welchen Effect der Dampf von hohem Druck hat, welcher, nachdem er mit voller Spannung und durch Ausdehnung in beiden Cylindern gewirkt hat, condensirt wird.

3) Wie groß der Effect des Dampfes von hohem Druck ist, welcher, nachdem er in beiden Cylindern gewirkt hat, in die Atmosphäre entweicht.

Die erste der hier zu benutzenden Formeln gilt für den Fall, daß die beiden Dampfkolben einen gleichen Zug haben, und dieser Fall soll hier allein erwogen werden, weil es nicht schwierig ist, mittelst einer zweiten Formel die Anwendung auf den zweiten Fall zu machen, wenn die Benutzung der ersten Formel angegeben ist. Diese Formel ist

$$= 0{,}7854\ D^2 Z \Big((p - w)(1 + A') - q - n(w + r + Q)\Big);$$

die Factoren 0,7854 D^2 und Z geben die Oberfläche des kleinen Dampfkolbens und die Länge seines Zuges; und da die ganze Formel die Quantität der

Wirkung, während eines Kolbenzuges geleistet, ausdrückt, so soll

$(p - w)(1 + A') - q - n(w + r + Q)$

eigentlich bezeichnen den Druck auf den Quadratzoll der Oberfläche des kleinen Kolbens. Da jedoch der Dampfdruck auf beide Kolben ausgeübt wird, so bezeichnet der eben genannte Druck den mittleren Druck, welcher, auf den kleinen Kolben allein ausgeübt, denselben Effect gewährt, als die einzelnen Drucke zusammengenommen, welche auf beide Kolben erfolgt sind. Dieser mittlere Druck ist es deßhalb, den man in jedem besonderen Falle kennen muß; denn wenn man denselben mit der Oberfläche des Kolbens in Quadratzollen und mit der Geschwindigkeit per Minute in Ellen multiplicirt und dieses Product mit 4560 dividirt, so wird man das Kraftvermögen der Maschine in Pferdekräften erfahren.

In der oben stehenden Formel bezeichnet p den Dampfdruck im kleinen Cylinder; w die Quantität des erforderlichen Druckes, um dem Kolben die nöthige Geschwindigkeit der Bewegung mitzutheilen; r die Abkühlung des Dampfes im großen Cylinder; q und Q die Widerstände, welche der kleine und der große Kolben erfahren. Alle diese Größen sind vorausgesetzter Maßen in niederländischen Pfunden auf den Quadratzoll bekannt oder bestimmt. Um wie vielmal die Oberfläche des großen Kolbens größer ist, als diejenige des kleinen, ist durch n ausgedrückt, und es wird der große Kolben die vortheilhafteste Dimension haben, wenn n **gleich ist, oder nicht größer ist**, als

$$\frac{p - w}{w + r + Q}.$$

A' drückt endlich eine Zahl aus, welche von n abhängig ist und für welche schon früher einige besondere Werthe angegeben sind.

Eigentlich muß die Formel folgendermaßen gestellt werden

$$(p - r')(1 + A') - (q + w) - n(r + w + Q),$$

es bezeichnet dann p den vollen Dampfdruck im Kessel; r' die Quantität der Abkühlung in den Röhren und im kleinen Cylinder. Die modificirte Formel muß deßhalb ein kleineres Resultat geben, als die ächte Formel; aber weil, wenn der Dampf in zwei verbundenen Cylindern wirksam ist, immer weit mehr Kraft durch Abkühlung u. s. w. verloren geht, als berechnet werden kann, so kann man annehmen, daß der Druck p nicht allein um r', sondern auch um w vermindert werden müsse, bevor die Differenz mit (1 + A') multiplicirt wird.

Der bequemern Berechnung halber soll hier, wie auch in §. VI., angenommen werden, daß p ohne Weiteres bezeichnet, wie viel Druck der Dampf nach Abzug derjenigen Theile ausübt, welche durch Abkühlung und durch die Mittheilung der Bewegung verloren gehen; weßhalb die Formel zur Bestimmung des mittleren Dampfdruckes dann wird

$$= p(1 + A') - q - n(r + w + Q).$$

Berechnung des mittleren Dampfdrukkes für den Fall, daß der Dampf mit niederem Drucke wirkt. In diesem Falle ist p = 1,28 Pfund. q kann die Reibung des Kolbens im kleinen Cylinder nebst den Widerständen der Reibung der Schieber des kleinen Cylinders und der in Bewegung gesetzten Theile der Maschine bezeichnen, worunter auch der Widerstand der Luftpumpe mit begriffen werden kann; denn obschon die Größe dieser Pumpe (wie auch diejenige der Kaltwasserpumpe) abhängt von der Größe des großen Cylinders, d. i.

von der Größe des großen Kolbens, und obschon aus diesem Grunde dieser Widerstand in der Größe Q mit begriffen werden muß, so wird dieselbe unabhängig von n, wenn sie mit n multiplicirt wird.

Dieses leuchtet auch aus der Lage der Sache auf's Deutlichste ein, indem es nicht allein der große Kolben ist, welcher die Luftpumpe, so zu sagen, hebt, sondern weil sie durch die vereinigte Wirkung der beiden Kolben bewegt wird, welche vereinigte Wirkung in der Formel auf den kleinen Kolben allein reducirt ist. Wie man aber auch diesen Widerstand rechnen mag, nach Quadratzollen des kleinen Kolbens, oder nach Quadratzollen des großen, so ändert sich dadurch das Resultat nicht, welches die Formel giebt; aber der Werth von n, welcher durch die Formel

$$n = \frac{p}{w + r + Q}$$

berechnet werden muß, wird dadurch anders, weil Q größer oder kleiner ist, je nachdem man sich einen größeren oder kleineren Theil der Widerstände denkt, welcher allein durch den großen Kolben überwunden werden soll. Dieser Werth erfährt gleichwohl keine große Veränderung, wenn man den Widerstand der Luftpumpe per Quadratzoll der Oberfläche des großen Kolbens mit in der Größe Q begreift; denn da dieser Widerstand im Allgemeinen $= 0{,}06 \cdot \frac{p}{n}$ ist (was in der dritten Abtheilung näher entwickelt werden soll), so muß $w + r + Q$ eigentlich $= w + r + Q + 0{,}06 \cdot \frac{p}{n}$ werden, und der Werth von n ändert sich dann nur in

$$n = \frac{0{,}06\ p}{w + r + Q}.$$

Die Widerstände, welche die Maschine darbietet, müssen offenbar durch die Kräfte, welche auf beide Kolben ausgeübt werden, sämmtlich überwunden werden; aber wenn die Widerstände, welche von der Dimension des großen Kolbens abhängig sind, eine solche Form von allgemeinem Werthe haben, daß sie, wie es z. B. mit dem Widerstande der Luftpumpe der Fall ist, gleich sind einer gewissen Zahl, dividirt durch n, so liegt es klar auf der Hand, daß sie recht gut in der Größe Q begriffen werden können, aber wenn dann der Ausdruck $n(r + w + Q)$, welcher in der allgemeinen Formel vorkommt, entwickelt wird, so wird natürlich oben genannter Theil des Widerstandes von n mit einem Male unabhängig werden *).

Die Größe q kann auf eine genügende Weise bestimmt werden aus dem Werthe, welcher angenommen ist für den nützlichen Druck des Dampfes von niederer Spannung; denn sein Druck ist im Durchschnitt gesetzt = 0,52 Pfund auf den Quadrat-

---

*) Diese Abschweifung war nothwendig, weil andere Schriftsteller über diesen Gegenstand anderer Meinung gewesen sind. Tredgold bringt unter andern (vergleiche sein Werk: The Steam engine, pag. 190 u. 210) bei der Bestimmung der Größe, welche hier n genannt ist, alle die Widerstände zusammengenommen auf die Oberfläche des großen Kolbens. Seine Resultate weichen deßhalb auch gar sehr von den unserigen ab, und man kann auch sagen von den Regeln, die in der Praxis befolgt werden, wiewohl allerdings keine ausreichenden Gründe vorhanden sind, weßhalb angenommen werden müßte, daß diese Regeln die vortheilhaftesten Resultate geben; denn solche Erfahrungen, wie sie der unsterbliche James Watt an seinen Dampfmaschinen von niederem Drucke gesammelt oder erlangt hat, hat z. B. der Verfasser noch niemals an den Dampfmaschinen gemacht, die mit zwei in Verbindung stehenden Cylindern wirksam sind. So viel scheint jedoch dem Verfasser ausgemacht zu sein, daß Tredgold hier — es sei nun beträchtlich oder wenig — sich geirrt hat.

zoll; da nun der totale Dampfdruck p im Cylinder 1,28 Pfund beträgt (siehe oben), so ist natürlich die Summe der Widerstände = 1,28 — 0,52 = 0,76 Pfund auf den Quadratzoll, welche Summe gleichwohl um $\frac{1}{2}$ größer gesetzt ist, als sie wirklich Statt findet, damit die Kraft ein gehöriges Uebermaß über die Last habe. Von diesem Widerstande muß nun derjenige des unverdichteten Dampfes abgezogen werden (da dieser auf den großen Kolben ausgeübt wird), den wir bereits früher in seinem höchsten Betrage = 0,165 gesetzt haben, so daß der Werth von q, den man hier für den wahren annehmen kann = 0,76 — 0,165 = 0,595 = beinahe 0,6 seyn muß.

In dem Ausdrucke n (r + w + Q) bezeichnen r und w die Verluste durch Abkühlung und durch Mittheilung der Bewegung bei'm Uebergange des Dampfes aus dem kleinen in den großen Cylinder; die Summe dieser Verluste wird, je nach der Vollkommenheit der Zusammensetzung der Maschine, größer oder geringer sein, und ist schwieriger genau zu bestimmen, als für den kleinen Cylinder. In diesem beträgt dieser Verlust allerhöchstens $\frac{1}{25}$ des ursprünglichen Druckes; wird dieses auch für den großen Cylinder angenommen, so muß dieser Verlust, da der Dampf im großen Cylinder mit einem Drucke von höchstens 1,28 Pfund auf den Quadratzoll zu wirken beginnt (obschon dieser Druck positiv geringer sein muß, weil die Dampföffnung vom kleinen nach dem großen Cylinder bereits vor dem Ende des vorhergehenden Kolbenzuges geöffnet werden muß), angenommen werden zu $r + w = \frac{1}{25} \times 1,28 = 0,051$ Pfund auf den Quadratzoll.

Q bezeichnet den Widerstand des großen Kolbens, denjenigen der Schieber des großen Cylinders, denjenigen der größeren Reibung der Theile der Maschine in Folge der Erschwerung derselben durch die

Anwesenheit des großen Cylinders, und endlich denjenigen des unverdichteten Dampfes. Der Widerstand der Reibung des großen Kolbens auf den Quadratzoll, sammt demjenigen der Schieber, kann nicht viel mehr betragen, als $\frac{3}{20}$ der ursprünglichen Kraft von 1,28 Pfund auf den Quadratzoll, d. i. = 0,192 Pfund auf den Quadratzoll. Der Widerstand des unverdichteten Dampfes beträgt höchstens 0,165 Pfund auf den Quadratzoll, und was den weiteren Widerstand der Reibung anlangt, den die Theile der Maschine darbieten, so kann derselbe auch nicht höher, als im Durchschnitte zu $\frac{1}{25}$ angenommen werden, so daß in Allem $r + w + Q = 0{,}051 + 0{,}192 + 0{,}165 + 0{,}04 = 0{,}448$ = beinahe 0,45 Pfund auf den Quadratzoll betragen kann, und diesen Werth kann man sicher für denjenigen des Widerstandes annehmen, der gegen die Oberfläche des großen Kolbens ausgeübt wird.

Die Formel, durch welche der mittlere Druck auf den Quadratzoll der Oberfläche des kleinen Kolbens berechnet werden muß, wird dann sein

$$= 1{,}28\,(1 + A') - 0{,}6 - 0{,}45 \cdot n.$$

Dieser vortheilhafteste Effect wird eintreten, wenn

$$n = \frac{1{,}28}{0{,}45} = 2{,}84$$

ist. Für diesen Werth von n ist $A' = 1{,}0438$, und der mittlere Druck wird also auf den Quadratzoll des kleinen Dampfkolbens

$$= 1{,}28 \times 2{,}0438 - 0{,}6 - 0{,}45 \times 2{,}84$$
$$= 2{,}616 - 0{,}6 - 1{,}278 = 2{,}616 - 1{,}878$$
$$= 0{,}740 \text{ Pfund.}$$

Der mittlere Druck ist also reichlich $\frac{2}{3}$ größer, als er ohne Anwesenheit des großen Cylinders, in welchem der Dampf durch Ausdehnung wirkt, sein

würde, wenn nämlich die Oberfläche des großen Kolbens 2,84, d. i. beinahe $2\frac{1}{3}$mal größer ist, als diejenige des kleinen Kolbens; denn für einen größeren oder kleineren Werth von n wird der mittlere Druck kleiner sein. Man kann jedoch n solche Werthe geben, die wenig von 2,84 verschieden sind, z. B. n = 3 oder n = 2,7, weil für dasselbe die Differenz im Drucke sehr gering sein kann. Aber weil die Abkühlung in Folge der Ausdehnung des Dampfes und der Ausstrahlung der Wärme stets größer wird, wenn der große Cylinder einen größeren Durchmesser bekommt, so muß man in der Praxis die Oberfläche des großen Kolbens eher kleiner, als 2,84 multiplicirt mit der Oberfläche des kleinen Kolbens nehmen, in keinem Falle aber noch größer. Wenn man z. B. n = 2,72 setzt, so wird der Durchmesser des großen Cylinders gerade $16\frac{1}{2}$, wenn derjenige des kleinen Cylinders = 10 ist, und über diese Grenze hinaus darf man nicht gehen.

Anmerkungen. 1) Der gefundene mittlere Druck von 0,74 Pfund auf den Quadratzoll der Oberfläche des kleinen Kolbens ist nur eine Durchschnittszahl, auf Cylinder und Mittelgröße (z. B. von 40 Zoll Durchmesser) anwendbar; für Cylinder von einem größeren oder kleineren Durchmesser muß sie größer oder kleiner werden. Man kann dieses Größere oder Kleinere finden, wenn man statt des nützlichen Druckes 0,52 Pfund auf den Quadratzoll, was hier für den Druck des Dampfes von niederer Spannung angenommen worden ist, solche andere Werthe setzt, welche mit Cylindern von einem anderen Durchmesser übereinstimmen und dann die vorige Berechnung mit diesen anderen Werthen wiederholt; aber viel mehr oder weniger, als 0,730 oder 0,740 Pfund auf den Quadratzoll werden die Berechnungen nicht ergeben, weil n für die größtmögliche Quantität

der Wirkung, die 1 Pfund Dampf leisten kann, immer denselben Werth von 2,8 behält.

2) Wenn auch in irgend einem Falle n einen größeren oder kleineren Werth haben sollte, als 2,8, so wird es keine Schwierigkeit haben, mit demselben den mittleren Druck zu berechnen, sobald nur n durch 25 theilbar ist, weil für andere Werthe die entsprechenden Werthe der Größe A' nicht schon in der ersten Abtheilung angegeben sind. Um alle unnöthigen Weitläuftigkeiten zu vermeiden, lassen wir hier dergleichen Berechnungen weg.

3) Wenn man mit dem gefundenen mittleren Drucke die Quantität der Wirkung berechnet, welche 1 Pfund Dampf leisten kann, so wird man finden, daß sie größer ist, als für den Fall, wo der Dampf durch Ausdehnung in einem einzigen Cylinder auf [illegible] des Kolbenzuges wirksam ist; aber dieses Mehr ist gleichwohl gering und eigentlich unbedeutend, weil im ersten Falle auch mehr Dampf zur Unterhaltung der Temperatur des Cylinders, als im letzteren verbraucht wird. Selbst wenn die Unterhaltung dieser Temperatur auf eine Weise Statt fände, wobei weder Dampf, noch besondere anzuwendende Wärme erfordert würde, so müßte doch das oben genannte Mehr noch immer zu gering sein, als daß man bei Anwendung des Dampfes von einem niedrigen Drucke immer wesentlichen Vortheil davon hätte, denselben lieber in zwei mit einander verbundenen Cylindern, als in einem einzigen Cylinder durch Ausdehnung wirken zu lassen. Obgleich in diesem letzten Falle die Einrichtung der Maschine einfacher und wohlfeiler ist, so erlangt man jedoch durch dieselbe einen weniger gleichförmigen Druck auf den Kolben während des ganzen Kolbenzuges, als mittelst der ersten Einrichtung, wovon man sich überzeugen kann, wenn man für einige Stände des Kolbens während seines Laufes die Span-

nungen berechnet, welche der zwischen den beiden Kolben befindliche Dampf in den Augenblicken dieser Stände haben muß. Denn wenn die Spannungen abgezogen werden von der Spannung des Dampfes, welcher in den kleinen Cylinder strömt, so erfährt man die Dampfdrucke auf den kleinen Kolben, und man findet also die Summen der totalen Drucke, welche auf die Oberflächen der beiden Kolben ausgeübt werden. Vergleicht man alsdann diese Summen mit den Drucken, die der Dampf, welcher durch Ausdehnung in einem einzigen Cylinder wirksam ist, auf dessen Kolben ausüben muß, so wird man sich von der Wahrheit des Gesagten überzeugen können.

Berechnung des mittleren Druckes des Dampfes, welcher mit hohem Drucke und durch Expansion wirkt, alsdann condensirt wird.

Für diesen Fall hat die Größe p, welche in der allgemeinen Formel für den mittleren Druck

$$p\,(1 + A') - q - n\,(r + w + Q)$$

vorkommt, dieselben Werthe, welche in der Tabelle Nr. 1 weiter oben angegeben sind.

Die Größe q drückt aus die Widerstände der Reibung des kleinen Kolbens und der Schieber des kleinen Cylinders, ferner den Widerstand der Luftpumpe und der Speisepumpe nebst den Widerständen der Reibung an den übrigen sich bewegenden Theilen der Maschine, während der größte Theil des Uebermaßes, das die Kraft über die Last haben soll, als ebenfalls in der Größe q enthalten, angenommen werden muß. Der Werth von q kann gleichwohl hier nicht geradezu durch die Quantitäten der Widerstände bestimmt werden, welche in der ersten Tabelle weiter oben angegeben sind, weil im Allgemeinen die Luftpumpe u. s. w., und folglich ihr Widerstand viel größer werden, wenn der Dampf durch Ausdehnung

in zwei Cylindern, als wenn er durch Ausdehnung in einem einzigen Cylinder wirksam ist.

$r + w$ wird meistentheils denselben, obschon keinen größeren Werth haben müssen, als für den Dampf angenommen ist, der im kleinen Cylinder wirkt.

Q begreift den Widerstand der Reibung des großen Kolbens nebst demjenigen der Schieber des großen Cylinders; den Widerstand der Kaltwasserpumpe, der hier vollständig abhängt von dem Grade der Spannung des ausgedehnten Dampfes; — den Widerstand des unverdichteten Dampfes nebst dem wahrscheinlichen Mehrbetrage des Widerstandes, den die Theile der Maschine darbieten, weil in den beiden vereinigten Cylindern ein größerer Druck ausgeübt wird, als im kleinen Cylinder.

Für verschiedene ursprüngliche Dampfspannungen sind die Werthe der oben gedachten Ausdrücke q und $r + w + Q$ (so genau dieses möglich war) berechnet, und es geben die Zahlen der folgenden Tabelle die Resultate dieser Berechnungen.

Totale Dampfspannung in Atmosphären.	Werthe der Größe q in niederländischen Pfunden auf den niederländischen Quadratzoll.	Werthe des Ausdruckes r + w + Q in niederl. Pfunden auf den Quadratzoll.
2	0,760	0,610
$2\frac{1}{2}$	0,930	0,730
3	1,110	0,860
$3\frac{1}{2}$	1,290	1,000
4	1,495	1,130
$4\frac{1}{2}$	1,695	1,270
5	1,900	1,415
$5\frac{1}{2}$	2,110	1,570
6	2,320	1,730
$6\frac{1}{2}$	2,535	1,900
7	2,755	2,075
$7\frac{1}{2}$	2,975	2,250
8	3,200	2,435
9	3,660	2,825

Die Werthe von q und von $r + w + Q$ sind in der oben stehenden Tabelle in approximativen runden Zahlen ausgedrückt. Die Quantität der Summe der Widerstände q geht von $\frac{5}{13}$ bis $\frac{5}{12}$ der Dampfspannung p im kleinen Cylinder, und die Quantität der Verluste und der Widerstände $r + w + Q$ ist auch ziemlich genau zwischen $\frac{4}{13}$ und $\frac{8}{25}$ der Dampfspannung p enthalten, so daß der Werth von n auch ziemlich unveränderlich und zwar nach einem mittleren Durchschnitte $= 3\frac{1}{4}$ sein wird, eben so, wie der Werth der Größe n für den Fall, daß der Dampf durch Ausdehnung und in einem einzigen Cylinder arbeitet, ebenfalls ziemlich unveränderlich sein muß.

Angenommen alsdann, daß der vortheilhafteste Effect Statt finde, wenn $n = 3\frac{1}{4}$ ist, so muß die

Oberfläche des Durchschnittes des großen Cylinders $3\frac{1}{4}$mal größer sein, als die des kleinen Cylinders, und wenn der Durchmesser des kleinen Cylinders $= 10$ ist, so wird derjenige des großen Cylinders $= 18$ genommen werden müssen.

Da die allgemeine Formel, welche den mittleren Druck auf den Quadratzoll darstellt, nämlich

$$p\,(1 + A') - q - n\,(r + w + Q)$$

ihren größten Werth bekommt, wenn

$$n = \frac{p}{r + w + Q}$$

ist, so wird dann der Ausdruck $n\,(r + w + Q)$ $= \frac{p}{r + w + Q} \times (r + w + Q) = p$, und die Formel selbst wird

$$n\,(1 + A') - q - p = p + pA' - q - p$$
$$= pA' - q.$$

Wenn nun $n = 3\frac{1}{4}$ ist, so wird $A' = 1{,}17865$, und wenn man dann für p und q deren entsprechende, oben bestimmte Werthe stellt, so wird man für die Quantität der mittleren Drucke folgende Zahlen finden:

Totale Dampfspannung in Atmosphären.	Mittlere Werthe des mittleren Dampfdruckes in niederl. Pfunden auf den niederl. Quadratzoll.
2	1,689
2½	1,990
3	2,390
3½	2,795
4	3.165
4½	3,550
5	3,920
5½	4,275
6	4,620
6½	4,960
7	5,295
7½	5,620
8	5,935
9	6,570

Anmerkungen. 1) Die Werthe der mittleren Drucke in dieser Tabelle sind nur Durchschnittszahlen und gelten streng genommen nur für den Fall, daß der kleine Cylinder einen Durchmesser von 30 bis 40 niederländischen Zollen hat. Sie werden deßhalb für kleinere Cylinder kleiner, und man muß, um sie für Cylinder von verschiedenem Durchmesser zu bestimmen, dasselbe Verfahren befolgen, welches für denselben Zweck in den Anmerkungen zu den vorhergehenden Fällen angegeben worden ist.

Dieselben Werthe des mittleren Druckes verändern sich auch, wenn die Größe n einen anderen Werth haben sollte, und es müssen diese Werthe alsdann durch die allgemeine Formel immer besonders berechnet werden.

2) Vergleicht man die Zahlen der vorhergehenden Tabelle mit denen der obigen Tabelle II., so ergiebt sich aus dieser Vergleichung, daß der mittlere Dampf-

druck mehr, als noch einmal so groß ist, wenn der Dampf in zwei mit einander in Verbindung stehenden Cylindern arbeitet, als wenn er in einem einzigen Cylinder sich ausdehnt. Jedoch ist im ersten Falle auch reichlich noch einmal so viel Dampf erforderlich, als im letzten, weil dann schon vorausgesetzt wird, daß der Zufluß des Dampfes aufhört, wenn der Kolben $\frac{13}{32}$ seines Laufes vollbracht hat. Berechnet man auch für die beiden erwähnten Fälle die Quantität der Wirkung, welche 1 Pfund Dampf leistet, so erhält man zum Resultate, daß diese Quantität im letzten Falle wohl $\frac{1}{7}$ mehr betragen könne, als im ersten. Inwiefern diese Berechnungen mit der Erfahrung übereinstimmen mögen, ist schwierig zu entscheiden. Der Verfasser hält es jedoch für ausgemacht, daß der Dampf, welcher durch Expansion in zwei mit einander verbundenen Cylindern wirksam ist, keine größere Quantität der Wirkung gewähren könne, wenn er nur in einem einzigen Cylinder arbeitet, und der einzige Vortheil, den die erste Wirkungsweise vor der letzten gewähren kann, liegt dann in dem gleichmäßigeren Dampfdrucke auf die Kolben und in der regelmäßigern Bewegung derselben, ein Vortheil, welcher häufig ausreichend groß sein kann, um der Anwendung einer Maschine mit zwei verbundenen Cylindern vor derjenigen einer Maschine mit einem einzigen Cylinder den Vorzug einzuräumen, besonders wenn diese Cylinder von mehr, als mittelmäßigen Dimensionen sein sollten.

Berechnung des mittleren Druckes, wenn die Maschine mit Dampf von hohem Drucke und mit Expansion desselben arbeitet, ohne daß der Dampf nachher condensirt wird.

Um für diesen Fall durch die allgemeine Formel

$$p (1 + \Delta') - q = n (r + w + Q)$$

den mitteren Druck im Durchschnitte zu berechnen, hat man für p wiederum dieselben Werthe, wie in dem vorhergehenden Falle.

Um q zu bestimmen, mache man Gebrauch von den Zahlen der letzten Columne, die in der oft erwähnten Tabelle vorkommt; denn wenn man die Zahlen von p abzieht, so findet man die sämmtlichen Widerstände, von denen dann nur noch der Widerstand des Dampfes abgezogen werden muß, der auf der anderen Seite des Kolbens ausströmt.

r + w beträgt eben so viel, wie im vorhergehenden Falle. Q wird gleich sein dem Widerstande der Reibung des großen Kolbens und der Schieber sammt dem Widerstande des ausströmenden Dampfes nebst dem wahrscheinlichen Mehrbetrage des Widerstandes, den die Anwesenheit des großen Cylinders verursacht. Da der Betrag von r + w + Q bekannt ist, so kann n gefunden werden, und mit dieser Größe kann man durch die Formel

$$pA' - q$$

die Werthe des Durchschnittes des mittleren Druckes berechnen. Der Kürze halber sind die Resultate aller dieser Berechnungen in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Dampfspannung über den Druck des Dunstkreises in Atmosphären.	Druck des Dampfes im kleinen Cylinder oder Werthe von p in niederl. Pfunden auf den niederl. Quadratzoll.	Werthe der Größe q ausgedrückt in niederl. Pfunden auf den niederl. Quadratzoll.	Werthe des Ausdrukkes r + w + Q in niederl. Pfunden auf den niederl. Quadratzoll.	Werthe von n oder Oberflächen des großen Kolbens, wenn diejenige des kleinen = 1 ist.	Durchmesser des großen Cylinders, wenn derjenige des kleinen Cylinders = 10 ist.	Mittlere Werthe des mittlern nützl. Druckes auf den kleinen Kolben in niederländ. Pfunden gegen den niederländ. Quadratzoll.
1½	2,480	0,680	1,645	1,510	12,288	0,340
2	2,970	0,890	1,775	1,675	12,922	0,640
2½	3,465	1,077	1,910	1,815	13,454	0,990
3	3,955	1,245	2,050	1,940	13,928	1,360
3½	4,450	1,410	2,190	2,045	14,283	1,750
4	4,930	1,565	2,325	2,125	14,560	2,160
4½	5,415	1,708	2,465	2,200	14,832	2,565
5	5,890	1,845	2,600	2,265	15,033	2,970
5½	6,360	1,985	2,740	2,320	15,231	3,375
6	6,830	2,127	2,885	2,365	15,362	3,780
6½	7,295	2,258	3,035	2,400	15,492	4,185
7	7,750	2,390	3,190	2,430	15,588	4,590

Wenn man die Zahlen der letzten Columne dieser Tabelle mit denen der letzten Columnen der Tabellen vergleicht, die weiter oben vorkommen, so ergiebt sich daraus, daß, was die Quantität des nützlichen Druckes anlangt, der Vortheil verbunden ist mit der Anwendung des Dampfes von hohem Druck, welcher durch Ausdehnung in zwei mit einander verbundenen Cylindern wirksam ist. Gleichwohl ist dieser Vortheil, so weit sich aus den Resultaten der Berechnungen ergiebt, nicht positiv für alle Grade der Spannung des Dampfes; denn erst von vier Atmosphären bis zu höheren Spannungen ist der mittlere nützliche Dampfdruck größer, als derjenige eines Dampfes, welcher ohne Expansion in einem einzigen Cylinder wirksam ist, während, wenn Dampf von hohem Druck und mit Expansion in einem einzigen Cylinder arbeitet, der nützliche Druck von $1\frac{1}{2}$ bis 3 Atmosphären größer ist, als wenn der Dampf, der ebenfalls eine Spannung von $1\frac{1}{2}$ bis 3 Atmosphären über den Druck des Dunstkreises besitzt, in zwei mit einander verbundenen Cylindern durch Expansion wirkt. Die Quantität der Wirkung, welche 1 Pfund Dampf leistet, ist, wenn der Dampf mit Expansion in zwei communicirenden Cylindern arbeitet, etwas größer, als wenn der Dampf ohne Expansion in einem einzigen Cylinder arbeitet; aber sie beträgt im Durchschnitte nur $\frac{3}{4}$ derjenigen Quantität der Wirkung, welche der Dampf leistet, der mit mittlerm Druck in einem einzigen Cylinder wirksam ist.

Wenn man die Resultate der Berechnungen, welche für die verschiedenen Fälle in diesem Kapitel erörtert worden sind, sowohl unter einander, als mit denen der vorhergehenden Kapitel vergleicht, so kann man sich dadurch überzeugen, daß mit der Anwendung des durch Expansion wirksamen Dampfes wesentliche Vortheile verbunden sind, daß es, im All-

gemeinen genommen, den Dampf durch Expansion in einem einzigen Cylinder wirken zu lassen, vortheilhafter ist, als wenn derselbe in zwei mit einander in Verbindung stehenden Cylindern arbeitet, und daß die Quantität des geleisteten Effectes immer größer ist, wenn man den benutzten Dampf condensirt, als wenn man denselben in die Atmosphäre ausströmen läßt; aber bei letzterem Verfahren braucht man viel weniger Wasser, als bei dem erstern und zugleich auch weniger Dampf, als bei der gewöhnlichen Wirkungsart des Dampfes ohne Expansion erforderlich ist, um denselben Effect zu leisten; und dadurch erklärt es sich auch, daß man häufig dieser Wirkungsart des Dampfes vor einigen anderen den Vorzug giebt *).

Fünftes Kapitel.

Beschreibung der Einrichtung einiger Dampfmaschinen mit Kolben von kreisförmiger Bewegung.

Unter Dampfmaschinen mit Kolben von kreisförmiger Bewegung werden hier Maschinen von sol-

---

*) In den Beschreibungen, welche hier gegeben sind, ist stillschweigend vorausgesetzt, daß die Kolben, mögen sie nun in einerlei, oder in entgegengesetzten Richtungen sich bewegen, einerlei Zug besitzen. Für den Fall, daß die Kolbenzüge ungleich sein sollten, sind die Berechnungen hier der Kürze halber übergangen, weil sie durch die mitgetheilte Formel eben so gut ausgeführt werden müssen, als diejenigen, welche hier gegeben sind.

cher Einrichtung verstanden, daß die Fläche, der Theil, oder die Theile, auf welche der Dampf unmittelbar wirkt, mit einer Achse, oder mit Achsen in Verbindung gesetzt sind, die eine umdrehende Bewegung erhalten, um sie anderen Maschinen mitzutheilen. Ein solcher Theil muß natürlich in einem verschlossenen kreisförmigen oder cylindrischen Raume enthalten sein und die Stelle des Kolbens einer Dampfmaschine von gewöhnlicher Einrichtung vertreten; man kann einen solchen Theil auch einen Kolben nennen, obschon diese Benennung unpassend ist; aber was man in einer gewöhnlichen Dampfmaschine einen Kolben nennt, ist eben so wenig eine richtige Benennung.

Aus einer oberflächlichen Betrachtung der Sache scheint sich zu ergeben, daß Dampfmaschinen mit Kolben von kreisförmiger Bewegung ansehnliche Vortheile darbieten vor den Dampfmaschinen mit Kolben von abwechselnd geradliniger Bewegung. Denn zuerst leisten sie die verlangte drehende Bewegung unmittelbar, ohne Dazwischenkunft eines Balanciers, oder einer Kurbel, oder anderer dazu dienlicher Theile. Diese Theile, wie auch die festen Unterstützungspuncte, Lager oder Gestelle, durch welche dieselben getragen oder gehalten werden müssen, sind deßhalb hier überflüssig, und die Einrichtung und Aufstellung der Maschine werden alsdann viel einfacher und bequemer, auch nimmt eine solche Maschine weniger Raum ein, oder sie kommt wohlfeiler zu stehen u. s. w.

Zum Andern scheint es, daß der Dampf, wenn er ununterbrochen wirkt, einen gleichmäßigeren Druck und Bewegung mittheilen könne, und daß kein anhaltender Verlust an Kraft Statt findet, weil keine Veränderung in der Richtung der Bewegung eintritt, so daß auch das Vorhandensein eines Schwung-

rades, um die Bewegung gleichmäßig und fortdauernd zu unterhalten, vielleicht nicht erforderlich ist.

Der erste der erwähnten Vortheile ist von wesentlichem Belang; der zweite ist in der That kaum der Erwähnung werth, wenigstens durchaus nicht so groß, als viele Erfinder sich eingebildet haben, ohne gehörig darauf Rücksicht zu nehmen, wie eigentlich in Dampfmaschinen von der gewöhnlichen Form die abwechselnde Bewegung des Kolbens in eine umdrehende Bewegung verwandelt wird. Wie wichtig indessen der erste erwähnte Vortheil auch sein möge, so verfehlt man jedoch bei demselben gänzlich den großen Hauptzweck, worauf bei jedem Streben, die ganze Zusammensetzung der Dampfmaschinen zu verbessern, besonders gesehen werden muß, nämlich mit weniger Dampf einen gleichen Effect, oder mit derselben Quantität einen größern Effect herstellen zu können, und die Verwirklichung aller Entwürfe von Dampfmaschinen mit Kolben von kreisförmiger Bewegung hat denn auch in dieser Hinsicht noch nie ein vortheilhaftes Resultat gegeben.

Da jedoch in manchen Fabriken Dampfmaschinen mit Kolben von kreisförmiger Bewegung angetroffen werden, so soll hier die Einrichtung dieser Maschinen erklärt werden, aber diese Erklärung wird sich aus den eben angeführten Gründen nur auf die Hauptsachen beziehen, jedoch in so fern vollständig sein, daß man aus derselben die verschiedenen Arten der Dampfmaschinen mit Kolben von kreisförmiger Bewegung kennen lernen kann, ohne daß für diesen Zweck die vielerlei Entwürfe verschiedener Erfinder beschrieben zu werden brauchen, welches uns auch zu weit von unserm Zwecke entfernen würde.

I. Ueber die verschiedene Art und Weise, wie der Dampf einem Kolben eine kreisförmige Bewegung mittheilen kann.

Man kann die sogenannten rotativen Dampfmaschinen nur der Hauptsache nach unterscheiden, und zwar nach der Art und Weise, wie die Kolben nebst den Cylindern oder Ringen, in welchen sie sich bewegen, eingerichtet sind, da die Gestalt des Kolbens in gewisser Hinsicht willkürlich sein kann.

Im Allgemeinen ist die erwähnte Einrichtung von der Art, daß

1) entweder der Dampf unaufhörlich gegen den Kolben während seiner ganzen Umdrehung drückt;

2) oder daß diese Wirkung während eines kleinen Theiles einer Umdrehungszeit unterbrochen wird, so daß während dieses Zeittheiles die Bewegung in Folge der Trägheit einiger Maschinentheile, oder durch die Wirkung von Gegengewichten, oder eines zweiten und dritten Kolbens u. s. w. fortdauern muß.

Die Skizze, welche in Fig. 4, Taf. I. zur Erklärung der Art und Weise bereits gegeben ist, wie durch den Dampf unmittelbar eine rotative Bewegung erlangt werden kann, ist von einer Einrichtung entnommen, welche der zweiten der genannten Arten angehört. Aus derselben kann man entnehmen, daß der auf einen Kolben drückende Dampf diesem keine kreisförmige Bewegung mittheilen kann, sobald er nicht in einer entgegengesetzten Richtung durch irgend ein festes Hinderniß abgehalten oder verhindert wird, mit der entgegengesetzten Seite des Kolbens in Berührung zu kommen, sowie auch eine Feder nicht auf einen Körper wirken kann, ohne sich in einer entgegengesetzten Richtung auf ein Hinderniß zu stützen. Dieses Hinderniß ist in der genannten Figur angegeben durch eine drehende Klappe, die mit dem festen

Cylinder, in welchem der Kolben sich dreht, verbunden ist. Diese Art der Einrichtung kann jedoch auf zweierlei Weise bestehen, je nachdem die genannte Drehklappe, oder die Drehklappen mit dem festen Cylinder, oder mit der sich umdrehenden Achse verbunden sind, in welchem Falle sie zugleich mit dieser Achse sich drehen und als Kolben dienen. Die Beschreibung der Einrichtung dieser letztern Art soll jedoch hier übergangen werden, weil die Reibungen der sich drehenden oder schwankenden Kolben, die Abnutzung der Zapfen derselben und das Durchdringen des Dampfes viel beträchtlicher ist, als in dem Falle, wo die Kolben fest mit der sich umdrehenden Achse verbunden sind, weßhalb die Anwendung dieser ganzen Einrichtung ganz gemißbilligt werden muß.

Fig. 105, Taf. XII. giebt den Durchschnitt eines Cylinders mit Kolben von kreisförmiger Bewegung nach dem Entwurfe von Watt. A ist die Achse, welche dampfdicht durch die Mittelpuncte der ebenen runden Platten läuft, mit welchen der Cylinder verschlossen ist. Der Kolben G ist durch einen Ring B mit der Achse A verbunden. Dieser Kolben ist an drei Seiten mit Vertiefungen a versehen, in welchen Garnituren von in Oel getränktem Werg sitzen, damit der Kolben dampfdicht an die innere Wandung des Cylinders, sowie an die ebenen Schlußstücke desselben anschließe. S das Dampfrohr; C die Röhre, welche aus dem Cylinder nach dem Condensator, oder nach der Warmwassercisterne führt, wenn die Maschine mit hochdrückendem Dampfe arbeitet. D eine Klappe oder eine drehende Wand mit Vertiefungen und Werggarnituren in derselben auf den drei Seiten, wie bei'm Kolben, und um eine Achse oder Spindel c sich drehend. Wenn diese Klappe geöffnet ist, so paßt sie gerade in den besonders für sie angebrachten Raum oder Gehäuse EE; der Dampf wird

durch dieselbe alsdann gehindert, in den Cylinder zu treten, und da die Hinterseite d e der Klappe dieselbe Krümmung besitzt, wie die innere Wandung des Cylinders, so muß sie zur Form dieser Wandung auf's Vollkommenste passen.

Wenn der Dampf in den Cylinder tritt, muß die Klappe D durch denselben so stark an den Ring B angedrückt werden, daß der Dampf hier keinen Durchgang finden kann. Findet dieses Statt, so muß der Kolben nothwendig umgetrieben werden. Diese Wirkung wird fortdauern, bis die Vorderseite a des Kolbens an die Oeffnung der in den Condensator führenden Röhre C gelangt ist; denn da der Dampf alsdann unbehindert aus dem Dampfrohre in die Röhre des Condensators übertreten kann, so muß in diesem Augenblicke das Dampfventil oder die Dampfklappe geschlossen werden. Zugleich kommt die innere Seite b des Kolbens und ferner seine krummlinige Oberfläche b a in Berührung mit der hintern Seite d der Klappe D, und wenn dann der Kolben in Folge der ihm mitgetheilten Bewegung fortschreitet, so wird die Klappe D gehoben und sehr bald in ihr Gehäuse EE bewegt, so daß der Kolben unter derselben durchgehen kann. Während der Kolben von e bis f sich fortbewegt, entweicht der Dampf, der vorher benutzt worden war, in den Condensator, und wenn das Dampfventil dann gerade wieder geöffnet wird, wo der Kolben den Punct f erreicht hat, so muß auch die Klappe D durch den einströmenden Dampf wieder geöffnet werden, und der Dampf wird auf's Neue den Kolben umdrehen u. s. w.

Aus dieser hauptsächlichen Beschreibung kann man entnehmen, daß die Einrichtung beinahe eben so ist, wie diejenige, von welcher bereits in der ersten Abtheilung Meldung gethan ist; diese letztere ist jedoch, was das Schließen der bewegenden Theile

und die Zusammenfügung der verschiedenen Stücke anlangt, vollkommener, und da im Folgenden eine Beschreibung einer Dampfmaschine mit einem Kolben von kreisförmiger Bewegung und der eben erwähnten Einrichtung enthalten ist, so wird es nicht unzweckmäßig sein, die umständlichere Beschreibung dieser Einrichtung hier folgen zu lassen*).

Fig. 106, Nr. 1. Verticaler Durchschnitt des Cylinders und des Kolbens.

Fig. 106, Nr. 2. Horizontaler Durchschnitt des Cylinders und des Kolbens durch die Mitte der Achse A nach der Linie XY Fig. 106, Nr. 1.

A Achse, welche dampfdicht durch die mit Dampf geliederten Stopfbüchsen G, G läuft, welche auf den ebenen Schlußstücken H, H sitzen. Letztere passen in die Falze e, e, e, e im Umfange der Cylinderwand IIII; diese Falze werden endlich noch überdeckt durch die Reife oder Ringe f, f, f, f, welche auf die Ränder des Cylinders geschraubt werden, während die Fugen mit in Fett getränktem Werg, oder mit Eisenkitt verschlossen sind, so daß nirgends Dampf entweichen kann.

B fester Arm oder Kolben am Ringe FF, der um die Achse gelegt ist. Sowohl dieser Arm, als auch der Ring sind an ihrem Umfange mit Vertiefungen aa, cc versehen; die Garnituren bestehen aus Werg, oder auch aus elastischen metallenen Bändern und Federn.

---

*) Auf die hier erwähnte verbesserte Einrichtung hat die englische Regierung im Jahre 1818 dem Joshua Routledge ein Patent verliehen, während in Belgien im Jahre 1823 dem John Cockerill ein Privilegium auf Einführung dieser Art von Dampfmaschinen auf 5 Jahre verliehen worden ist; der Patentnehmer hat sie in seiner Maschinenfabrik zu Seraing bei Lüttich angewendet.

C Anfang der nach dem Condensator führenden Röhre. S Dampfrohr; D drehende Klappe, deren Zapfen dd (Fig. 106, Nr. 3) durch zwei Stopfbüchsen laufen, welche vom Ringe ff mit bedeckt werden. Einer dieser Zapfen tritt aus dem Cylinder hervor und hält eine Kurbel, durch welche man die Klappe mittelst der Hand heben kann, wenn die Maschine in Bewegung gesetzt werden soll. Die Klappe ist, gleich dem Kolben in den Vertiefungen b, b, mit Werg garnirt und wenn sie durch die krummlinige Seite hh des Kolbens gehoben und in das Gehäuse oder die Büchse EE gedrückt worden ist, so paßt ihre untere Fläche zum innern Umfange des Cylinders (die Krümmung hh des Kolbens ist so eingerichtet, daß das Heben der Klappe regelmäßig geschehen kann; vergl. den 2. Theil dieses Werkes). Wenn der Kolben B unter der Klappe durchgegangen ist und letztere vom Dampfe abermals niedergedrückt wird, so muß sie, ohne Dampf durchzulassen, mit der Seite ii genau an die vordere Seite gg des Kolbens angedrückt werden, weßhalb diese vordere Seite eine schräge Form hat. Während der Bewegung muß auch der Ring FF an die Seite II ganz genau anschließen, ebenso wie bei der vorhergehenden Einrichtung vorausgesetzt wird; es ist übrigens die Wirkung in Nichts verschieden von der oben erklärten.

Damit mehr Gleichförmigkeit in der äußern Ansicht des Cylinders bestehe, kann man die in den Condensator führende Röhre ebenso anbringen, wie die Dampfröhre, wie in der Durchschnittszeichnung Fig. 106, Nr. 4 dargestellt ist; der Raum k wird dann ein leerer oder freier Raum. Man kann den Dampf auch von Oben in den Cylinder treten lassen, wenn dieses für die Anbringung des Dampfrohres sich besser eignen sollte (diese Einrichtung ist darge-

stellt in der Abbildung der Maschine, welche im Folgenden beschrieben werden soll).

Wenn nach der zweiten Einrichtung das Schließen der sich bewegenden Theile weit vollkommener ist, als bei der ersten Einrichtung, so besteht auch eine viel beträchtlichere Reibung derselben an den Seiten und an der innern Wandung des Cylinders, so daß die Quantität dieser Reibung wohl das Doppelte derjenigen eines auf- und niedergehenden Kolbens betragen kann, mit welchem derselbe Druck, wie mit dem Kolben von kreisförmiger Bewegung, übergetragen wird.

Auf den Kolben von kreisförmiger Bewegung, möge nun derselbe nach der ersten oder nach der zweiten Art eingerichtet sein, wirkt der Dampf ununterbrochen. Die Zeit, in welcher der Kolben unter der Klappe D durchgehen muß, beträgt häufig zwar nicht viel weniger, als $\frac{1}{7}$ oder $\frac{1}{8}$ der ganzen Umdrehungszeit. Kleiner wird dieser Zeittheil sein, wenn die Entfernung des Ringes FF bis zur innern Wandung II des Cylinders kleiner ist, und man braucht dann nur die Breite des Kolbens größer zu nehmen, um einen gleichen Druck mittelst desselben übertragen zu können. Hierin liegt der doppelte Vortheil, daß einmal die Zeit der Absperrung des Dampfes kürzer wird, und zweitens der Dampf eine um so größere Quantität der Wirkung gewährt, je größer der Durchmesser des Ringes FF ist (vergl. die erste Abtheilung). Wenn auch nicht die Schwierigkeit der Verfertigung des Cylinders größer wird, so nimmt doch mit der Vermehrung der Breite die Reibung des Kolbens stark zu; sie beträgt nämlich weniger, wenn die eigentliche Oberfläche des Kolbens (d. i. der Durchschnitt des hohlen Ringes FII) ein Quadrat ausmacht, und am Allerwenigsten bei einer kreisförmigen Oberfläche (obschon die Construction

des Cylinders dann äußerst schwierig wird). Dasselbe gilt auch hinsichtlich der Abkühlung.

Um den Kolben ohne Hülfe des Dampfes unter der Klappe D vorüberzuführen, bedarf es meistentheils eines Uebergewichtes am Umfange des Schwungrades (dieses Rad kann man in den Maschinen mit Kolben von kreisförmiger Bewegung, von welcher Art sie auch sein mögen, nicht vermeiden), und zwar an einem solchen Puncte desselben, welcher gerade an der horizontalen Linie XY herabsteigen muß, wenn der Kolben mit der Klappe D in Berührung kommt. Ein solches Uebergewicht hat jedoch eine sehr nachtheilige Wirkung auf die Stühle der Achse, indem es in Folge der Centrifugalkraft ein Schütteln und Rütteln auf die Stühle ausüben muß, was dem Verbande der Theile sehr nachtheilig ist. Man schlägt auch vor, statt eines solchen Uebergewichtes einen zweiten Kolben (der z. B. dem erstern gegenüber liegt) in den Cylinder zu bringen, der dann immer noch vom Dampfe gedrückt wird, während der andere die Klappe D passirt, so daß die Wirkung anhaltend sein müßte, und der Dampf auch nicht abgesperrt zu werden brauchte. Für Maschinen von großer Kraft würde der Zusatz eines zweiten, ja sogar eines dritten Kolbens nothwendig werden können, aber die Reibungen werden dadurch auf's Stärkste vermehrt, und um einen großen Effect zu erlangen, ist es immer besser, von Maschinen mit Kolben von kreisförmiger Bewegung, wie sie auch übrigens eingerichtet sein mögen, keinen Gebrauch zu machen. Man bedient sich derselben wohl einmal, um eine Kraft auszuüben, welche derjenigen von 4 oder 6 Pferden gleichsteht, und der einzige erkennbare Vortheil, den sie gewähren, besteht in dem geringen Raume, dessen sie zu ihrer Aufstellung bedürfen. Aber obgleich die Condensation des Dampfes in diesen Maschinen

(von welchen Dimensionen sie auch sein mögen) vollkommener ist, als in den gewöhnlichen Maschinen mit Kolben von abwechselnd geradliniger Bewegung (weil nämlich die Communication zwischen dem Cylinder und dem Condensator niemals verschlossen ist), so wiegt dieser Vortheil dennoch nicht die stärkere Reibung und das geringere Maß der geleisteten Quantität der Wirkung auf.

Statt einer drehenden Klappe hat man auch noch eine gerade aufgehende Mittelwand **D** Fig. 107 vorgeschlagen, welche auf drei Seiten mit Vertiefungen nebst Werggarnituren versehen und gerade nach Oben durch eine Stopfbüchse **EE** bewegt werden kann. Während der Kolben durch den Dampf aus der Röhre **S** umgetrieben wird, muß die Wand **D** dampfdicht angedrückt sein an dem Ringe **FF**, wozu man die Luft, oder selbst den Dampf von Oben auf dieselbe drücken lassen kann, und noch ein Gewicht **G** auf dieselbe setzt, oder eine Feder anbringt, welche auf diese Wand einen Druck ausübt. Nachdem der Kolben eine Umdrehung vollendet hat, muß er diese Wand emportreiben oder heben und deßhalb ebenso wie ein Wellfuß auf die Hebelatte eines Stampfers in einer Lohmühle wirken; seine Oberfläche muß dazu die nöthige Krümmung haben. Ist der Kolben, nachdem er die Mittelwand ganz gehoben hat, unter derselben durchgegangen, um auf's Neue die Wirkung des Dampfes zu erfahren, so muß die Mittelwand durch eigene Schwere, sowie durch den Druck des Gewichtes **G**, oder der angebrachten Feder längs der krummlinigen Oberfläche des Kolbens niedersteigen u. s. w.

Der Vortheil, welcher mit dieser Einrichtung verbunden ist, besteht darin, daß der Dampf während eines größern Theiles der Umdrehungszeit anhaltend auf den Kolben wirken kann; aber viel größer, als

dieser Vortheil, muß wiederum der Nachtheil sein, welcher aus der beträchtlichen Last der Mittelwand und ihrer Reibung entsteht, die jedesmal vom Kolben überwunden werden muß, während das regelmäßige Herabsteigen dieser Wand längs des Kolbens, nachdem dieser unter ihr durchgegangen ist, wohl einmal durch die Reibung behindert werden kann, so daß dann wenigstens ein großer Verlust an Dampf Statt finden muß. Es ist noch vorgeschlagen worden, dieses Herabsteigen mittelst eines Mechanismus zu bewerkstelligen, welcher mit der sich umdrehenden Achse in Verbindung steht, wodurch aber ganz natürlich ein neuer Verlust an Kraft entstehen muß.

Obschon man im Durchschnitt annehmen kann, daß die Oberfläche des Kolbens, welche durch den Dampf gedrückt wird, gleich ist der Oberfläche der Durchschnitte des ringförmigen Raumes FI Fig. 106, Nr. 1, so fehlt jedoch viel daran, daß der Kolben, welcher auf eine der beschriebenen Arten eingerichtet ist, in jedem Augenblicke seiner Umdrehung dem Dampfe dieselbe Oberfläche darbieten sollte. Denn man braucht die Bewegung des Kolbens nur zu verfolgen, um sich zu überzeugen, daß, wenn er eben die Klappe D passirt ist, die erwähnte Oberfläche sehr klein ist, jedoch sehr schnell zunimmt, so daß in dem durch die Figur angegebenen Stande die Oberfläche eine Länge hat = ig g, welche beinahe gleich ist dem Radius des Cylinders. Nachdem der Kolben fortgeschritten ist bis zu dem Stande, welchen die Linie KALM andeutet, so wird die Kraft des Dampfes, um den Kolben fortzubewegen, allein ausgeübt auf die Länge LM, welche man für die wahre Länge des Kolbens annimmt; denn um wie viel der Dampf in derselben Richtung auf den Theil drückt, welcher AL zur Länge hat, eben so viel Gegendruck wird durch denselben in einer entgegengesetzten Richtung

auch ausgeübt auf den Theil, welcher AK = AL zur Länge hat, und die Oberfläche, auf welche der Dampf allein einen nützlichen Effect haben kann, um den Kolben zu drehen, erstreckt sich dann nur vom Ringe FLF bis an den Umfang des Cylinders; und dieses dauert auch fort bis zu dem Augenblicke, wo die Klappe D wieder vom Kolben gehoben wird. Vom Anfange der Bewegung bis auf die Hälfte seines Laufes erfährt der Kolben alsdann einen sehr veränderlichen Druck; aber diese Veränderlichkeit kann, statt nachtheilig zu sein, vielmehr zur Folge haben, daß die Bewegung regelmäßiger fortdauert, als wenn der Druck während des ganzen Umlaufes unveränderlich derselbe wäre, was man jedoch in Berechnungen annehmen darf.

Von Dampfmaschinen mit kreisförmig sich bewegenden Kolben, auf welche der Dampf ununterbrochen wirkt, oder so zu wirken gedacht werden kann, giebt es verschiedene Entwürfe, von denen die zwei folgenden kennen zu lernen, die wegen ihrer vernünftigen Zusammensetzung vorzügliche Beachtung verdienen, ausreichend sein wird.

A, A, Fig. 108, zwei horizontale Cylinder, aus einem Stücke bestehend und so zu sagen einander durchschneidend; sie werden durch zwei ebene Deckel von ähnlicher Gestalt, wie der Durchschnitt des Cylinders, geschlossen. Mitten durch jeden Cylinder läuft eine Achse BC, dampfdicht durch die Deckel sich fortsetzend; auf jeder dieser Achsen ist ein ringförmiges Stück DE, versehen mit 6 Wellfüßen oder Zähnen, welche genau und ohne Hinderniß sich in einander drehen können, so daß die genannten Stücke in einander greifen, wie zwei Getriebe mit 6 Zähnen zu thun pflegen. Die Enden dieser Stücke schließen dampfdicht an den ebenen Deckeln der Cylinder, und die Wellfüße schließen mit Garnituren a, a, a sowohl

an die innere Wandung der Cylinder, als auch, wo sie in einander eingreifen. Die Dampfröhre S und die Abzugsröhre C, welche in den Condensator leitet, sind in entgegengesetzten Richtungen auf die Mitte der Cylinder gesetzt, wo letztere einander schneiden.

Die Wirkung ist sehr einfach; denn der Dampf, welcher bei S zwischen die Zähne der Rollen D, E eintritt, wird dieselben nöthigen, sich in entgegengesetzten Richtungen umzudrehen, während er sogleich einen freien Ausgang durch die Röhre C findet, nachdem er auf diese Zähne gewirkt hat.

Die Wirkung ist hier vollkommen ununterbrochen, aber die übergroße Reibung, welche überwunden werden muß, und die große Länge, welche die Cylinder haben müssen, damit der eigentliche Druck, der die Umdrehung bewirkt, etwas beträchtlich sei, sprechen nicht sehr für den Vortheil, welcher bei dieser Art von Einrichtung der Kolben vorzugsweise vor der Einrichtung der Kolben, auf welche der Dampf mit Unterbrechung wirkt, erlangt werden soll. Es scheint auch nicht, als ob man diese Einrichtung (im Jahr 1799 von Murdock angegeben) jemals verwirklicht habe; aber die Idee ist vernünftig, und die Gelegenheit, die man bei dieser Einrichtung erlangt, durch zwei sich umdrehende Achsen B und C alle arbeitenden Theile der Maschine und alle zu treibenden Maschinen in einem sehr engen Raume zu vereinigen, muß die Zusammensetzung einer Dampfmaschine, welche auf die erwähnte Weise eingerichtet wird, gar sehr vereinfachen.

Mit mehr Nutzen müssen diejenigen Dampfmaschinen mit kreisförmig sich umdrehenden Kolben angewendet werden können, die mit einer aus dem Mittelpuucte des Cylinders gelegenen Achse in Verbindung stehen und während der Umdrehung verlängert und verkürzt werden können. Die Idee dieser Ein-

richtung ist ungemein scharfsinnig und scheint von dem englischen Mechaniker Bramah, dem Erfinder der Wasserpresse, herzurühren. Es sind Dampfmaschinen nach dieser Idee ausgeführt worden, welche (soweit man dieses von Dampfmaschinen mit kreisförmig sich bewegenden Kolben erwarten kann) einen sehr befriedigenden Effect scheinen gegeben zu haben.

AA Fig. 109, Nr. 1 und 2 sei ein horizontaler Cylinder mit ebenen, scheibenförmigen Schlußstücken **B**, **B** verschlossen, die von Außen durch vier oder mehr gekreuzte Rippen **O** verstärkt sind, damit diese Schlußstücke nicht gebeugt werden können.

Es wird vorausgesetzt, daß der Dampf durch die Röhre **S** in der mittlern Länge des Cylinders einströme und an der entgegengesetzten Seite durch die Röhre **C** nach dem Condensator oder nach der Warmwassercisterne entweiche.

Die Achse **DD**, welche umgedreht werden muß, geht dampfdicht durch die Schlußplatten **B**, **B**, läuft aber nicht durch die Mitte **M** des Cylinders, sondern liegt auf der Mitte **c** der Chorde **ab**, welche von der Röhre **S** nach der Röhre **C** läuft. An den Enden dieser Achse sind zwei massive Scheiben **dd**, **dd** befestigt, und mit der Rolle oder dem Kerne **EE** vereinigt, der nicht ganz massiv ist, sondern in der Mitte einen rechtwinkeligen, glatt ausgearbeiteten, durchlaufenden Falz **FF** enthält. Der Durchmesser dieses Kernes ist gerade so groß, daß er sich bei der Umdrehung der Achse am untern Theile der Wandung des Cylinders reibt. Durch den erwähnten Falz läuft eine ebene Mittelwand **GH**, welche die Stelle des Kolbens vertreten soll. Diese Wand besteht aus zwei in einander verschiebbaren Stücken **GG** und **H**; sie schließen genau in einander, werden durch zwischengelegte Federn **I** beständig von ein-

ander entfernt und drücken dampfdicht so gegen einander und gegen die ebenen Seiten des Falzes F F, wie gegen die ebenen Schlußstücke oder Deckel B, B des Cylinders mittelst angebrachter Garnituren i, i, i, i, oder metallener Liederung, die inwendig mit starken Federn versehen ist.

Die Enden K, K dieser Wand oder dieses verschiebbaren Kolbens sind rund oder cylinderförmig und passen in die Cavitäten der cylindrischen Stücke L, L, welche mit den Stücken ll, ll verbunden sind, die einerlei Krümmung mit der innern Wand des Cylinders haben und durch Garnituren oder eingelegte metallene Futter, welche durch Federn angedrückt werden, dampfdicht an diese innere Wandung schließen. Damit diese Stücke immer ohne Torsion oder Verrückung längs der Cylinderwand mit Reibung sich fortbewegen, laufen die Enden derselben in Falzen m, m, m, m zwischen den Enden der Cylinderwand A und der innern Peripherie der Bodenscheiben B, B Fig. 109, Nr. 2. Endlich ist noch zu bemerken, daß die Enden K, K der Mittelwand nur in die Vertiefungen der cylindrischen Stücke L, L passen und also nicht fest mit denselben verbunden sind, weil sie sich bei der Veränderung des Standes der Wand in den erwähnten Cavitäten müssen drehen können, da ohne dieses die excentrische Bewegung des Kolbens unmöglich sein würde; aber um den Durchgang des Dampfes zu verhindern, haben auch die Enden oder Köpfe K, K Garnituren oder dergleichen, mit welchen sie in den erwähnten Cavitäten angedrückt werden.

Obschon die Bewegung dieses Kolbens ohne Erschütterungen oder Stöße Statt finden muß und selbst sehr vollkommen sein kann, so ist sie gleichwohl ohne die Hülfe eines Schwungrades gar nicht regelmäßig, weil der Dampf sehr ungleich auf den Kolben

wirkt. In dem Stande, welchen die Figur andeutet, kann der Dampfdruck, welcher auf die Länge von P bis Q ausgeübt wird, allein die Umdrehung des Kolbens bewirken; dieser Theil wird stets größer und zwar am Größten, wenn der Kolben in einen verticalen Stand gelangt ist, so daß er die größte Länge hat und seine Richtung mit derjenigen eines Cylinderdurchmessers coincidirt. Bei'm weitern Fortschritte nimmt jedoch die eben genannte Oberfläche wieder ab, bis der Kolben in einen horizontalen Stand gelangt ist und mit der Richtung der Chorde **a b** zusammenfällt, wo sie gleich Null geworden sein wird, weil dann der Dampf an jeder Seite des Mittelpunctes **c** der Bewegung auf die gleich großen Flächen oder Hebelarme **a c** = **b c** drückt. Die Oeffnungen S und C sind dann zu gleicher Zeit auch durch die Stücke oder Banden ll, ll bedeckt; aber wenn die Bewegung durch ein Schwungrad oder sonst ein Mittel unterhalten wird, ist die Zeit dieser Unterbrechung übrigens kurz, d. h. die Dauer dieses eben erwähnten Gleichgewichtes ist nur sehr kurz, und man kann dieselbe, ohne einen Irrthum zu begehen, ganz unberücksichtigt lassen. Nachdem der Kolben wieder so weit gedreht worden ist, daß die Dampföffnung S sich aufthut, wird auch die Communication mit dem Condensator hergestellt, und der Dampf, welcher während der verlaufenen halben Umdrehung benutzt worden ist, kann entweichen, während der auf's Neue eintretende Dampf wieder Druck auf den Kolben ausübt und derselbe in den ersten Augenblikken dieser zweiten halben Umdrehung durch die genaue Berührung des Kernes EE mit der innern Wandung des Cylinders verhindert wird, zu stark auf die Hinterseite des Kolbens zu drücken.

Außer den oben beschriebenen Einrichtungen von Maschinen mit kreisförmig sich bewegenden Kolben

giebt es noch viele andere, welche wir gleichfalls, ohne der Wichtigkeit der ihnen zu Grunde liegenden Principien zu nahe zu treten, mit Stillschweigen übergehen können, weil es hier allein der Zweck war, einen allgemeinen Begriff von den gedachten Einrichtungen zu geben, um den Leser in den Stand zu setzen, über die größere oder geringere Vollkommenheit anderer oder ähnlicher Einrichtungen urtheilen zu können. Nach diesen Beschreibungen wird man auch wahrscheinlich auf eine genügende Weise sich einen Begriff machen können von der Einrichtung der Dampfmaschinen mit Kolben von abwechselnd kreisförmiger Bewegung, die in keinem andern Falle einigen Vortheil gewähren können, als wenn man für irgend einen Zweck eine abwechselnd kreisförmige Bewegung nöthig hat und diese Bewegung, um Platz zu gewinnen, unmittelbar darstellen will. Denn wenn man diese abwechselnde Bewegung benutzen wollte, um kreisförmige Bewegungen mitzutheilen, so würde es immer viel vortheilhafter sein, dazu eine Maschine mit einem Kolben von abwechselnd geradliniger Bewegung anzuwenden, weil man eine solche Maschine (im Nothfalle mit einem Cylinder von horizontaler Lage versehen) jederzeit in einen eben so engen Raum bringen kann, als eine andere mit einem Kolben von abwechselnd kreisförmiger Bewegung.

Statt daß man einen Kolben sich in einem feststehenden Cylinder drehen läßt, kann die Einrichtung auch von der Art sein, daß der Cylinder mit dem Kolben verbunden ist und sich zugleich mit ihm, vom Dampfe getrieben, umdreht, ganz so, wie ein Wasserrad; aber hierin kann noch viel weniger Vortheil beruhen, als bei irgend einer der oben erwähnten Einrichtungen.

Sechstes Kapitel.

Beschreibung einiger Dampfmaschinen von verschiedenen eigenthümlichen Formen *).

I. Direct wirkende Dampfmaschinen ohne Balancier.

a) Maudslay's Dampfmaschine.

Maudslay hat die verschiedenen Theile einer Dampfmaschine von niederem und auch von hohem Druck unter einer Form zusammengesetzt, die sehr compendiös und nett ist, weßhalb die ganze Maschine ein gefälliges Ansehen hat. Als Dampfmaschine von kleinen und mittleren Dimensionen verdient dieselbe besonders gekannt zu werden. Sie ist besonders dadurch charakterisirt, daß die Welle des Schwungrades unter dem Dampfcylinder liegt, und daß aus diesem Grunde die Kolbenstange mit einer Querstange verbunden ist, die zwei Leiträder u. s. w. besitzt. Der Fehler dieser und anderer ähnlicher Einrichtungen ist der, daß die Kolbenstange und die damit verbundenen Stangen u. s. w. sowohl bei dem Hub, als bei dem Schub des Kolbens nicht gut zu balanciren sind.

Die Maschine des Hrn. Maudslay ist in zwei Aufrissen, von Vorn und von der Seite gesehen, in den Figg. 110, Nr. 1 und 2 dargestellt; die Figuren 110, Nr. 3 bis 6, sind Darstellungen der Einrichtung einzelner Theile.

---

*) Wegen der allgemeinen Eigenschaften dieser Maschinen und ihrer Classification verweisen wir auf das erste Kapitel dieser Abtheilung.

Der Dampfcylinder A steht mit einem Fußgestell in Verbindung, oder er ruht auf einem eisernen Gestell BB und ist übrigens eingeschlossen von 4 mit einander verbundenen Säulen C, C, welche auf dem erwähnten Gestelle BB stehen und gewissermaßen die verticalen Stücke D, D tragen, die oben durch eine Stange EE gekoppelt sind und den beiden Rädchen F, F, welche sich an den zapfenförmigen Enden des Querhauptes HH drehen, mit dessen Mitte die Kolbenstange G verbunden ist, als Leitpfosten dienen müssen. Um diese zapfenförmigen Enden des eben erwähnten Querhauptes können sich auch die niedersteigenden Kurbelstangen I, I hin- und herdrehen. Die Welle LL ist zwischen den Lagern, in welchen sie sich dreht, doppelt gekröpft und bildet zwei Krummzapfen oder Kurbeln K, K (die Gestalt dieser Welle ist besonders dargestellt in Fig. 110, Nr. 3), um deren Zapfen v, v die Lager der Kurbelstangenenden I, I schließen. Durch den Hub und Schub des Kolbens müssen folglich die Kurbelstangen I, I auf und nieder und hin und her sich bewegen und auf diese Weise die Welle LL in Umgang versetzen, wodurch auch die Welle N, welche mit der Welle L durch einen Riegel M gekoppelt ist, Bewegung empfängt, die noch weiter auf andere Maschinen übergetragen wird.

Der Dampf kommt aus dem Kessel durch die Röhre Q; er wird über und unter den Kolben durch die geradestehende, flache Büchse OO mittelst eines conischen, sich abwechselnd drehenden Hahnes gelassen, welcher in dem Gehäuse P eingeschlossen ist. Dieses Gehäuse ruht auf einer Säule R, durch welche die Stange des eben genannten Hahnes läuft. Die Einrichtung des Hahnes und der Büchse OO, um den Dampf regelmäßig in den Cylinder treten und aus demselben abziehen zu lassen, ist ganz eigenthümlich,

es würde uns aber jetzt zu weit von unserm Zweck entfernen, wenn wir diese Einrichtung ausführlich beschreiben wollten, zudem muß dieses in der folgenden Abtheilung ganz speciell geschehen; man denke sich also nur eine Einrichtung, bei welcher das Zu- und Ablassen des Dampfes auf eine vollkommene und regelmäßige Weise Statt findet, und schenke hier bloß dem Aeußern der Einrichtung und der Art und Weise, wie die Bewegungen mitgetheilt werden, seine Aufmerksamkeit.

Das Drosselventil, welches sich im Dampfrohre befindet, erhält seine Steuerung durch den Moderator, oder das sogenannte conische Pendel f g, welches seine Bewegung von der Welle des Schwungrades V durch das Räderwerk h i erhält und auf das genannte Drosselventil durch Winkelhebel und Kniestücke e d c a b wirkt.

Die Kaltwasserpumpe steht in einem offenen Cylinder oder Behälter Y, in welchen das kalte Brunnenwasser sich ergießt. Dieser Behälter communicirt von Unten mit einem ähnlichen Behälter oder offenen Cylinder X, in welchem der Condensator und die Luftpumpe W stehen, die zusammen in einem Cylinder vereinigt sind. Der benutzte Dampf tritt aus dem Cylinder durch die Dampfkammer O O in den Condensator, welcher mit der genannten Dampfkammer durch die Röhre r q s communicirt. o p ist der Schlüssel des Injectionshahnes. A′ ist die Speisepumpe, die mit der Warmwassercisterne W über der Luftpumpe communicirt. Die Speisepumpe hat übrigens noch Communication mit der Röhre B′ Z, durch welche das Speisewasser in den Kessel getrieben wird.

Die Bewegung der Pumpenwerke u. s. w. wird von der Kurbelwelle auf folgende Weise abgeleitet: der kurze Theil y y Fig. 110, Nr. 1 und 3 (welche

letztere Figur nach einem größern Maßstabe, als die erstere gezeichnet ist) der Welle, welche die beiden Kurbeln K, K vereinigt, tritt nach Innen, oder liegt außer der Richtung der Welle LL, so daß irgend ein Punct der mathematischen Achse des Theiles yy einen Kreis beschreiben muß um die mathematische Achse von LL, sobald Umdrehung Statt findet. Die Wirkung hiervon auf eine Stange, die mit yy verbunden ist, muß deßhalb derjenigen einer excentrischen Scheibe auf der Welle LL gleich sein.

Um den Hälsen x, x der Welle yy liegen zwei Lager T, T (Fig. 110, Nr. 1), die an die Enden von zwei kurzen Stangen S, S geschlossen sind, deren andere Enden mittelst einer Gabel und Bolzen an der Mitte von zwei Hebeln der dritten Art kk, k'k' (siehe Fig. 110, Nr. 4) befestigt sind; diese Hebel drehen sich um die festen Nägel h, i und streichen in einer schrägen Richtung an einander vorüber. An dem freien Ende g des Hebels kk ist die Stange I der Kaltwasserpumpe befestigt, dagegen am freien Ende k des Hebels k'k' zwei Stangen, oder sogenannte Zugstangen n, die durch einen Bolzen n'n' verbunden sind (siehe die besonderen Darstellungen dieser Einrichtung Fig. 110, Nr. 5); dieser Bolzen läuft auch durch die Stange tt, welcher durch ein festes Oehr u geleitet wird und an die Stange des Luftpumpenkolbens eingelenkt ist. Diese Einrichtung hat bloß den Zweck, den Kolben der Luftpumpe völlig vertical zu heben. Die Stange I der Warmwasserpumpe A'B' ist mit demselben eben erwähnten Hebel k'k' verbunden; sie hat ein Gelenk und ist überdies noch mittelst einer Querstange m an die Stange der Luftpumpe gekoppelt, damit die Bewegung derselben so genau wie möglich vertical sei.

An dem Theile yy der Kurbelwelle ist noch ein

dritter Hals w (Fig. 110, Nr. 8), um welchen ein geschlossener Ring, oder noch besser eine excentrische Scheibe (um die Extension der hin- und hergehenden Bewegung zu modificiren) U liegt (Nr. 2 und 4), deren Stange Um auf den Hals p eines Kniestückes efp ruht; dieses Kniestück dreht sich um einen festen Bolzen, welcher mit einem Gehänge o verbunden ist, und wirkt mit einer aufsteigenden Stange ed auf auf einen Hebelarm dc, welcher an der Achse eines kleinen Zahnrades b sitzt, das rechtwinkelig in ein anderes Zahnrad a an der Spindel des conischen Dampfhahnes eingreift, der im Gehäuse B (Nr. 1 und 2) eingeschlossen ist.

Aus dieser Beschreibung ergiebt sich nun, daß, wenn der Wellbaum durch den Auf- und Niedergang des Dampfkolbens sich umdreht, die verschiedenen Pumpenkolben zu gleicher Zeit auf- und niedergezogen und die Zahnräder b, a eine abwechselnd kreisförmige Bewegung bekommen müssen, durch welche der conische Dampfhahn abwechselnd umgedreht wird, damit der Eintritt und der Austritt des Dampfes regelmäßig von Statten gehe. Da die Stange des Excentricums auf die gewöhnliche Weise um den Hals p des Kniestückes pfe liegt, so braucht sie nur aufgehoben zu werden, um den Dampfhahn mittelst des Schlüssels fn mit der Hand zu steuern, wenn die Maschine angelassen oder abgelassen werden soll.

Nicht in allen Dampfmaschinen, welche den Namen Maudslay's Maschinen tragen, sind die verschiedenen Theile genau so eingerichtet und geordnet, wie hier beschrieben worden. Daß z. B. die Kurbelstangen I, I, die hier innerhalb des eisernen Gestelles CCDD der Maschine angegeben sind, auch manchmal außerhalb dieses Gestelles an den Säulen C, C niedergehen, ist bloß eine Modification, die kaum der Ewähnung verdient und, gleich vielen der-

gleichen Modificationen, allein entspringen kann aus der Veränderung der Form des Fußgestelles des Cylinders, oder irgend eines andern Theiles. Weit abweichender ist manchmal die Weise, wie die Pumpenkolben bewegt werden, und wovon z. B. eine besondere Skizze in Fig. 110, Nr. 6 gegeben ist. Die Stangen t l und l der Kolben der verschiedenen Pumpen sind nämlich wohl einmal mit einem einzelnen Balancier k k verbunden, welcher sich mittelst eines Zapfens in zwei Lagern o dreht, die in zwei hinter einander liegenden Hängstücken p, p eingeschlossen sind. Die verticale Bewegung der Stangen der Luftpumpe und der Speisepumpe A' wird durch ein kleines Scharnierparallelogramm q r s t erlangt. Mit der Mitte des Balanciers oder Maschinenbaumes ist verbunden ein Arm S'S'T', welcher den excentrischen Theil y der beschriebenen Kurbelwelle umfaßt, so daß bei der Umdrehung der Welle L der Arm S'T' durch die genannte excentrische Welle y hin- und herbewegt werden muß, wodurch dann auch der Maschinenbaum k k sich abwechselnd auf- und niederdrehen muß. Bei dieser einfachern Einrichtung geht die Bewegung der verschiedenen Pumpen sehr sanft von Statten und ist weniger drehend und stoßend, als bei der Fig. 110, Nr. 4 angedeuteten Einrichtung; aber wenn die Dimensionen der Wellen L und y sich gleich sein sollen, so müssen nach der zuerst gedachten Einrichtung (Nr. 6) die Längen der Kolbenzüge nur halb so groß sein, als sie nach der zuletzt erwähnten Einrichtung (Fig. 110, Nr. 4) sein können, wodurch dann nothwendig wird, daß die Oberflächen der Kolben noch einmal so groß genommen werden müssen, damit die Effecte ungeschwächt bleiben.

b) Hochdruck-Dampfmaschine von geringen Dimensionen mit einem Schwungrad über dem Cylinder.

Um die Bewegung des Dampfkolbens einer Maschine von doppelter Wirkung, sei sie übrigens von niederem oder von hohem Druck, unmittelbar auf einen Wellbaum mittelst einer Kurbel überzutragen, ist es nicht ausreichend, daß die Kolbenstange durch ein Gelenk mit der Kurbelstange gekoppelt ist, sondern sie muß außerdem immer noch durch besondere Mittel in ihrer verticalen Richtung der Bewegung geleitet werden; und durch die Eigenthümlichkeit eines solchen Mittels scheint meistens eine Dampfmaschine, welche auf die hier bezeichnete Weise wirksam ist, von einer ganz besondern Einrichtung zu sein.

Man wird sich davon näher überzeugen können durch die folgende Beschreibung einer kleinen Dampfmaschine von hohem Druck, welche nach demselben Grundsatze eingerichtet ist, wie diejenige, welche im nächsten Art. näher beschrieben werden soll; beide scheinen sehr verschieden von der Maschine zu sein, deren weiter oben Erwähnung gethan worden ist, obgleich diese Differenz bloß in einer besondern Modification des mechanischen Mittels liegt, durch welches die Kolbenstange in der verticalen Richtung ihrer Bewegung geleitet wird.

A Fig. 111, Nr. 1 und 2 Dampfcylinder. B Dampfkammer, in welcher ein einziges Schieberventil in Thätigkeit ist. C, C' Dampfröhren, durch welche die Communication zwischen dem obern und untern Theile des Cylinders mit der Dampfkammer hergestellt wird. D Dampfröhre, welche den Dampf aus dem Kessel in die Dampfkammer leitet. EFG Abzugsröhre, durch welche der Dampf, nachdem er im

Cylinder gewirkt hat, in den Abkühlungsbehälter H sich begiebt, der hier als ein verschlossener, ovaler Cylinder dargestellt ist, in welchem man sich die Abzugsröhre in der Gestalt eines Schlangenrohres denken muß.

Das Ende der Kolbenstange a sitzt in einer Gabel oder einem umgekehrten Bügel bb, in welchem die Spindel oder Achse eines kleinen Rädchens I sich dreht. Dieses Rädchen ist gleich einer Seilrolle mit einer Auskehlung oder einem Laufe versehen, mit welchem es zwei Ständer fg, fg, so zu sagen, umfaßt, die auf diese Weise durch Vermittelung des Rädchens I die Bewegung der Kolbenstange leiten. Die erwähnten Ständer oder Leitstangen sind auf den Cylinderdeckel geschraubt und mittelst kurzer Stege p, r am Stuhle nopqrst verankert, so daß sie sich in einer unverrückbaren Stellung befinden.

Die Kurbelstange ist mit einer Gabel versehen, oder sie besteht vielmehr aus zwei Stangen cd, cd (wie in der Figur angegeben ist), die zu beiden Seiten des Rädchens I sich bewegen und die Spindel dieses Rädchens zum Zapfen haben. Die Kurbel K ist mit dem Wellbaume N des Schwungrades VV verbunden; von diesem Wellbaume wird die Bewegung weiter fortgepflanzt mittelst des Räderwerkes X, Y und der Spindel Z. R ist eine excentrische Scheibe auf der Welle N; sie wirkt auf die Stange kl der Speisepumpe T, mit welcher das erwärmte Wasser aus dem Kühlgefäß H mittelst der Speiseröhre m nach dem Kessel gefördert wird. In dem Kühlgefäße H sitzt ein Trichter U, welcher bis beinahe auf den Boden unter das Wasser taucht, damit das Wasser im Kühlgefäße so wenig wie möglich abgekühlt werde durch das kalte Wasser, mit welchem dasselbe von Zeit zu Zeit durch den Trichter U ver-

sorgt wird, oder welches durch eine Kaltwasserpumpe aus der Röhre **W** in diesen Trichter sich ergießt.

Die Welle des Schwungrades muß nach Vorn verlängert werden können, um mittelst Scheiben oder Trommeln **P** anderen Maschinen Bewegung mitzutheilen, wobei die Welle, wie sich von selbst versteht, bei **K** gekröpft ist, um als Kurbel zu dienen. Wie in der Figur dargestellt ist, läuft die Welle nicht durch, sondern es wird die Bewegung derselben entweder behufs höherer Stellung, oder einer Modification der Geschwindigkeit auf eine über ihr gelegene Welle **O** durch die Stirnräder **L**, **M** übergetragen. Von dieser Welle erhält auch das Schieberventil seine sanfte, auf- und niedergehende Bewegung, und es ist für diesen Zweck ihre Stange **hi** mit dem Bügel einer excentrischen Scheibe **Q** verbunden, die auf der Welle **O** sitzt.

c) Anders geformte Maschine von ähnlicher Einrichtung.

Wir geben in den Figuren 113 und 114 die Abbildung einer Dampfmaschine, die mit der vorhergehenden viel Aehnlichkeit hat und nur in der Form und Zusammensetzung der einzelnen Theile abweichend von derselben ist. Maschinen dieser Art sind in dem Fall einer geringen Krafterforderniß, hauptsächlich in Werkstätten, in Brauereien, Destillations-Anstalten &c., sehr beliebt, indem ihre Construction einfach ist und sie sehr wenig Platz erfordern.

Fig. 113 ist ein Aufriß parallel mit der Welle; Fig. 114 eine Seitenansicht.

1, Cylinder, 2, Kolben, 3, Stange, 4, Weg für den Dampf über den [illegible] 5, desgl. unter demselben. Beide lau[illegible] Schieberfläche aus und haben daselbst [illegible] Dampfweg; 6, zur

Fortleitung des gebrauchten Dampfes, der von da in das Rohr 7 tritt, das ihn zum Vorwärmer führt.

Die Steuerung besteht aus der Dampfbüchse a, die dicht mit 1 verschraubt, daran oben die Stopfbüchse b für die Schieberstange c ist; diese trägt den Schieber d (aus Bronze), welcher die Form einer hohlen Hand hat. e ist die Zuleitung des frischen Dampfes zur Büchse. Die Schieberstange hat ein Gelenk f, in das die Steuerstange g gefügt ist, welche von der excentrischen Scheibe h die auf- und abgehende Bewegung empfängt. Diese ist ebenfalls doppelt so groß, als die Höhe der Dampfwege beträgt. Die innere Höhe des hohlen Schiebers ist gleich der Höhe einer Dampföffnung und der doppelten zwischenliegenden Metallbrücke zusammengenommen.

Der Kolben 2 steht ganz unten, jetzt muß frischer Dampf dahin strömen, um ihn aufwärts zu treiben, wo gleichzeitig der Dampf von Oben entweicht; der Schieber d ist schon im Hinaufgehen begriffen, dadurch öffnet er 5 und verbindet 4 mit 6. Auf derselben Stellung, aber heruntergehend, steht der Schieber, wenn der Kolben ganz oben ist, dann geht 4 auf (mit a in Verbindung) und 5 und 6 unter einander.

Weil also der Schieber immer in der Mitte seines Laufs steht, wenn der Dampfkolben oben oder unten ist, so folgt daraus, daß die excentrische Scheibe (die Centrallinie derselben) im rechten Winkel mit der Kurbel stehen muß.

Nach welcher Seite sie stehen muß, das wird von der Richtung bedingt, in der die Welle sich drehen soll. Läßt man die Scheibe lose und bringt auf der Welle zwei Mitnehmer an, die um 90° auseinander stehen, so kann man die Maschine vor- und rückwärts gehen lassen. Dieses erläutert

Fig. 115, wo A die Welle mit einem Knaggen BC, D die excentrische Scheibe, E die Kurbel bezeichnet. Auf D sitzt eine Knagge BI, der ¼ Kreis lang ist. Wenn die Kurbel dem Pfeil m folgt, so führt der Punct B die Scheibe D; folgt sie dem Pfeil n, so legt sich C gegen I des Knaggens BI.

Der Cylinder ist auf eine starke Bodenplatte A geschraubt, die mittelst vier Fundamentankern auf dem aus Ziegel- und Hausteinen geformten Fundament gehalten wird. Auf ihr stehen die pyramidalen Träger B, B, welche die Kurbelwelle C mit dem Schwungrad D tragen. Unter einander sind sie durch die Streben E verbunden, in deren Mitte eine Leitung F für die verlängerte Kolbenstange eingesetzt ist. Die Treibstange G, sehr lang gabelförmig geschlitzt, greift an das Querhaupt der Kolbenstange und oben an den Bug des Krummzapfens.

I Regulator oder Centrifugalpendel, mittelst conischer Räder getrieben, ruht in den Stützen K, K und regulirt durch den Hebel L und Stange L' an der Drosselklappe die Zuströmung des Dampfes.

Für die Speisung des Kessels besteht eine doppeltwirkende Druckpumpe a, die durch Excentricum und Stange b betrieben wird. Der Raum unter dem Kolben dient zum Ansaugen von kaltem Wasser aus dem Brunnen, welches bei'm Niedergange des Kolbens in den Vorwärmer ausgeworfen wird. Das hierin erwärmte Wasser fällt bei'm Niedergange des Kolbens über den Kolben und wird sofort bei'm Aufgehen desselben in den Kessel gefördert.

Die Spannung des Dampfes, den man in diesen Maschinen verwendet, beträgt die von 2—8 Atmosphären, oder von 30—120 Pfund per □''. Man hat zwar noch stärkere Spannung versucht, dabei aber leiden Kessel und Maschinentheile sehr, und die Dichtheit der Verbindungen ist zu umständlich.

II. Säulen-Dampfmaschine von Mitteldruck, mit Condensation und Expansion.

Neuerlich hat man, von England ausgehend, bei dem Bau schwächerer Dampfmaschinen ein System angenommen, welches man das der Säulen-Dampfmaschinen nennt, und welches in mancher Beziehung im höchsten Grade zweckmäßig ist. Es nehmen diese Maschinen wenig Platz ein, sie sind fest und nicht kostbar in der Anlage.

Die hier mit Hülfe der Fig. 117 rc. zu beschreibende Maschine ist doppeltwirkend, arbeitet mit Condensation und mit Mitteldruck von 3 Atmosphären und mit veränderlicher Expansion von ¼ bis ¾. Die Kraft der Maschine beträgt die von 6 Pferden, und dennoch erfordert sie nur einen Raum von etwa 5 Fuß Länge und 4 Fuß Breite. Der Dampfcylinder hat ein Gehäuse, welches mit jenem in einem Stücke gegossen worden ist; es werden dadurch Abkühlungen des Dampfes vermieden und eine Brennmaterialersparung bewirkt.

Dieser Cylinder ist gänzlich in dem Innern einer großen, mit Durchsichten versehenen, Säule eingeschlossen, welche der ganzen Maschine als Gebäude dient. Er ist mit seinem Deckel in den Deckel eines viereckigen Sockels eingelassen, auf welchem der Säulenschaft steht und auf demselben befestigt ist. Bei den kleinen Maschinen unter 4 Pferdekräften ist der Sockel mit dem Schafte aus einem Stücke gegossen.

Herr Farcot, der Erbauer, hat bei dieser Maschine mit Vortheil sein Ventilsystem mit beweglichem Schieber angebracht, mittelst dessen die Expansion durch den Gang des Moderators selbst verändert werden kann. Diese Einrichtung ist um so zweckmäßiger, als man dadurch eine regelmäßige Bewegung und eine Brennmaterialersparung erlangen kann,

ohne daß man die Intelligenz des Maschinenwärters in Anspruch zu nehmen braucht. Man kann die Expansion aber auch mit der Hand reguliren.

Ferner ist das System des Parallelogramms, welches er combinirt hat, und welches entweder zur vollkommen geradlinigen und senkrechten Leitung der Dampfkolbenstange, oder zum Betriebe der Luft- und der Speisepumpe dient, sehr bequem und befindet sich größtentheils im Innern der Säule verborgen, an welcher alle seine Stützpuncte angebracht worden sind.

Durch diese Combination werden die Kolben der beiden vorhergehenden Pumpen unmittelbar durch den Dampfkolben bewegt, wodurch die Excentrica, die Zugstangen und die Kurbeln vermieden werden, die im andern Falle auf der Triebwelle angebracht sind. — Herr Farcot hat nach diesem Modelle schon viele Maschinen, selbst bis zu 15 oder 16 Pferdekräften, erbaut, und auch andere Maschinenfabricanten haben dasselbe System benutzt. Zu kleinen Maschinen, wie man sie so häufig in großen Städten, in kleinen Fabriken, wo der Platz beschränkt ist, gebraucht, sind sie sehr zweckmäßig.

Beschreibung der auf den Tafeln XIII. und XIV. dargestellten Maschine.

Der Dampfcylinder und sein Mantel. Damit die Säule so niedrig, als möglich, gemacht und die Triebwelle nicht in so bedeutender Höhe angebracht zu werden brauche, ist der Dampfcylinder A, wenigstens zum Theil, unter dem Boden des Maschinengebäudes angebracht. Statt daß er auf einer festen, gemauerten Unterlage oder auf einer Fundamentplatte steht, hängt er mit seinem obern Rande in der Basis der Säule, wenn diese mit dem Sockel aus einem Stücke gegossen worden, oder auf dem

Sockel, wenn dies nicht der Fall ist, wie man es in dem senkrechten Durchschnitte, Fig. 117 u. 118, Taf. XIII, sieht. Der Rand ist breit genug, daß die Schraubenbolzen, welche Sockel und Säule verbinden, durch denselben hindurchgehen und ihn ebenfalls befestigen.

Der Boden des Cylinders ist mit einer Scheibe mit conischen Rädern a geschlossen und mit Eisenkitt in ihm befestigt. Der ihn oben verschließende Deckel bildet eine Stopfbüchse und läßt die Kolbenstange hindurch. Er muß mit einem Hahne, zum Hineinbringen von Fett, versehen sein.

Seit langer Zeit hatte man die Nothwendigkeit erkannt, den Dampfcylinder bei den Maschinen mit Condensation mit einem Mantel zu umgeben, um die Abkühlung und folglich einen wirklichen Brennmaterialverlust zu vermeiden. Die Watt'schen, sowie die Maschinen mit zwei Cylindern, waren auch stets mit solchem Mantel versehen, jedoch war er, bis ganz neuerlich, bei sehr vielen Maschinen nicht vorhanden.

Neuerlich ist aber die Wichtigkeit eines solchen Mantels und der Füllung des Zwischenraumes zwischen ihm und dem Cylinder mit aus dem Kessel herbeiströmenden Dämpfen, damit er gleiche Temperatur mit dem Innern des Cylinders habe, sowie die Unrichtigkeit des Princips bewiesen, diesen Zwischenraum mit einer stagnirenden Luftschicht, oder mit dem zu condensirenden oder in der Luft entweichenden Dampfe, nachdem er schon gewirkt hat, zu füllen.

Hr. Farcot gießt Cylinder und Mantel aus einem Stücke, um alle Fugen und die bei denselben unvermeidlichen Entweichungen von Dampf zu vermeiden. Das Formen und Gießen solcher Cylinder ist freilich sehr schwierig, allein sie gewähren soviel Vortheile, daß es wohl werth ist, diese Mühe daran zu wenden.

Aus den Abbildungen ersieht man, daß bei der in derselben dargestellten Maschine der Mantel B mit dem Cylinder aus einem Stücke gegossen worden ist, daß aber die zum Ein- und Ausströmen des Dampfes erforderlichen Oeffnungen gelassen sind. Der Boden des Mantels ist, wie der des Cylinders, offen, welches bei letzterem, um ihn ausbohren zu können, nothwendig ist. Er ist mit einer unten concaven, eingekitteten Scheibe b verschlossen. Unterhalb ist eine kleine kupferne Röhre b′ daran angebracht, durch welche man, wenn es erforderlich ist, bei'm Ingangsetzen der Maschine das Wasser ablassen kann, welches von der Verdichtung des Dampfes herrührt.

Der aus dem Kessel herbeiströmende Dampf wird mittelst der gekrümmten gußeisernen Röhre C eingeführt. Sie ist mittelst eines an der Seite an den Cylinder angegossenen Halses mit diesem verbunden, wie man aus Fig. 117 ersieht. Um diesen Dampf zu nöthigen, daß er sich nicht direct in die Vertheilungsbüchse begebe, trennt ein horizontaler Scheider zum Theil die Höhe des Mantels, so daß der Dampf zuvörderst nach dem oberen Theile strömen muß, um darauf den ganzen freien Theil d zu durchstreichen und dann in den Canal C zu gelangen, der ihn zur Büchse leitet, wenn das Admissionsventil e geöffnet ist.

Dieses Ventil, welches man in Fig. 125 u. 126 besonders gezeichnet sieht, erfüllt genau die Wirkung eines Hahnes; in einem messingenen Ringe befindlich, der ihm als Sitz dient, ist es am Ende einer horizontalen eisernen Stange e′ angebracht, die auf einem Theile ihrer Länge mit einem Schraubengewinde versehen ist, und von einer messingenen Mutter getragen wird, welche zu gleicher Zeit die Stopfbüchse bildet, und die von dem gußeisernen Halse e² umschlossen ist. Eine an dem anderen Ende der Stange ange-

brachte kleine Kurbel dient dazu, dieselbe zu drehen und folglich auch zurückzuziehen und vorzuschieben, und dadurch das Ventil zu schließen oder zu öffnen, ohne daß sich das letztere mit jener zu drehen brauchte.

Vertheilungsbüchse und Schieber. — Wenn das Ventil geöffnet ist, so kann der Dampf aus dem Mantel in die gekrümmte gußeiserne Röhre C strömen, welche ihn in das Innere der Vertheilungsbüchse D leitet, welche an den Cylinder angeschraubt ist. Wird nun das Ventil und sein Hals an der Seite der Büchse angebracht, wie es Hr. Farcot bei seiner letzten Maschine gethan hat, so kann das gekrümmte Rohr wegbleiben, welches hier aus drei aneinandergeschraubten Stücken besteht, wie Fig. 3 zeigt.

Die Vertheilungsbüchse hat eine länglich viereckige Form; man sieht sie in Fig. 129 in einem senkrechten Durchschnitte, und in Fig. 131 im horizontalen Durchschnitte nach der Linie 7 — 8. Auf beiden entgegengesetzten Seiten abgehobelt, liegt sie auf der einen an dem ebenfalls abgehobelten correspondirenden Theile des Dampfcylinders, und auf der anderen Seite ist sie mit einem gußeisernen Deckel verschlossen, dessen innere Ränder ebenfalls abgehobelt worden sind.

Der Hals, welchen die gebogene Röhre C endigt, verschließt den unteren Theil der Vertheilungsbüchse, und die Stopfbüchse P, durch welche die Schieberstange geht, verschließt den oberen Theil.

Der Schieber, welcher die Vertheilung des Dampfes bewirken muß, ist eine gußeiserne Scheibe D', auf beiden Seiten genau abgehobelt und mit mehreren Oeffnungen versehen, die man auf den Fig. 128, 129 u. 130 sehr gut erkennen kann, indem diese in $\frac{1}{4}$ der natürlichen Größe dargestellt worden sind. Die innere Vertiefung D' hat hier, wie bei allen Schieberventilen, den Zweck, daß durch die Oeffnung h die

Dämpfe entweichen können, nachdem sie auf den Kolben gewirkt haben. Die untere i dient zur Herstellung einer Verbindung der Büchse mit dem unteren Theile des Cylinders, mittelst der Oeffnung g, und die obere i' zu einer Verbindung mit dem oberen Theile durch g'. Der Schieber ist von einem rechteckigen, eisernen Rahmen umgeben, der ihn mit der senkrechten Stange H verbindet, durch die er eine wechselnde, geradlinigte Bewegung erhält. Diese Stange erhebt sich bis über die Basis der Säule und geht durch eine eiserne Ringschraube J', die zu ihrer Leitung dient. Sie ist mit dem Excentricumringe durch die Stange H' verbunden, die sich durch eine Dülle mit ihr vereinigt. Der Mechaniker wählte diese Einrichtung, um alle Stücke des Mechanismus im Innern der Säule anbringen zu können; er hat aus diesem Grunde das Excentricum J, welches eine kreisrunde Form hat, gegen das erste Zapfenlager der Kurbelwelle angebracht. Der das Excentricum umgebende Ring H^2 besteht aus Gußeisen, oder besser aus Bronze, er ist mit der Stange nur durch ein Spiel verbunden.

Durch die ununterbrochen drehende Bewegung des Excentricums erhält daher der Schieber eine auf- und niedergehende, deren Größe gleich dem Durchmesser des Excentricums ist, welcher seinerseits durch die Höhe der Oeffnungen g oder g' und der diese Oeffnungen bedeckenden Theile des Schiebers bestimmt wird. Nun giebt aber Hr. Farcot dem Schieber eine solche Stellung, daß das Einströmen des Dampfes etwas Weniges voraus eilt, wie man in Fig. 128 u. 129 sieht, und das Ausströmen ein noch etwas merklicheres Voreilen erlangt, wodurch, wie man weiß, der Gang der Maschine an den Enden des Kolbenlaufes erleichtert wird, weil man den Dampf, welcher bereits auf ihn gewirkt hat, schon entweichen

läßt, wenn er die Richtung verändern will. Dieses Voreilen, welches bis neuerlich nur bei den Locomotiven angewendet worden war, ist der Gegenstand sehr ernstlicher Studien mehrerer Maschinenbauer gewesen, und diese haben zu sehr guten Resultaten geführt. Man glaubte, daß es für die stehenden Maschinen nicht von so großer Wichtigkeit sei, indem bei denselben die Kolbengeschwindigkeit nicht so bedeutend ist, und indem der ausströmende Dampf frei in die Luft entweicht, ohne einen künstlichen Zug hervorzubringen, weil derselbe hinlänglich durch hohe Essen hervorgebracht wird. Dennoch haben mehrere intelligente Mechaniker, die genaue Beobachtungen angestellt haben, die gute Wirkung gefunden, welche man durch das Voreilen des Schieberventiles auch bei stehenden Maschinen, besonders bei'm Ausströmen des Dampfes, erlangt.

Expansion, die durch den Moderator verändert werden kann. — Der von Hrn. Farcot angewendete Mechanismus, um die Expansion der Dämpfe bei seinen Maschinen wirken zu lassen, welcher in abwechselnd festen und beweglichen Schiebern besteht, ist schon früher bekannt gemacht worden. Seit der Zeit hat aber der Erfinder fortwährend Verbesserungen daran gemacht, indem er sie bei allen seinen Maschinen anbrachte, und stets war die Einrichtung von der Art, daß der Grad der Expansion verändert werden konnte, entweder mit der Hand, oder durch den Kugelmoderator, oder durch den Luftregulator.

Die Schieber sind nichts weiter, als kleine, viereckige Platten j, j', die beide voneinander ganz unabhängig und deren jede mit zwei Oeffnungen versehen ist, die denen entsprechen, welche an der äußeren senkrechten Fläche des Schieberventiles, in die sie sich legen, angebracht worden sind. Sie müssen diese Oeffnun-

gen eine gewisse Zeit lang verschließen, um das Einströmen des Dampfes aus der Büchse in den Cylinder zu unterbrechen, und müssen sie dann eine kürzere oder längere Zeit offen lassen, um das Einströmen des Dampfes zu gestatten. Die Federn k, k' drücken die Schieber fortwährend gegen das Ventil, so daß sie sich mit dem letzteren bewegen können, wenn sich dagegen kein Hinderniß findet. Jeder derselben ist auch mit einem Vorsprunge und einem Stifte versehen, damit sie in ihrem Gange einerseits durch den nach einer Kreisevolvente gebildeten Daumen l, der in der Mitte der Büchse angebracht worden ist, und andererseits von der Feder der Büchse selbst aufgehalten wird. Jenachdem nun der Daumen dem Stifte des Schiebers den von seinem Mittelpuncte mehr oder weniger entfernten Theil seiner Curve darbietet, hält er den Schieber früher oder später auf, und weil sich das Ventil nun fortbewegt, so werden die Einströmungsöffnungen früher oder später verschlossen.

Die Figg. 127, 128 u. 129 können diese Wirkung sehr gut erläutern. In der ersteren dieser Figuren wird ein mit dem Kurbelhalbmesser beschriebener Halbkreis dargestellt, und die Linie h h bezeichnet den Kolbenlauf. In J ist der von dem Excentricum beschriebene Kreis abgebildet, welcher das Schieberventil bewegt. Wir nehmen an, daß der Mittelpunct dieses Excentricums in dem Puncte O liege, wenn der Kolben am Ende seines oberen Laufes ist. Das Schieberventil befindet sich alsdann in der in Fig. 128 dargestellten Lage. Wenn man nun, nachdem auf beiden Kreisen die Theilungen 1, 2, 3, 4 u. s. w. gemacht worden sind, die aufeinander folgenden Stellungen des Kolbens an den Puncten 1', 2', 3', 4' u. s. w. bestimmt, so könnte man leicht die entsprechenden Stellungen des Punctes a von dem Schieberventile nach b, c, d, e (Fig. 127) übertragen, und daher die

Curve a j o vorzeichnen, welche den Gang dieses Schiebers, während des ganzen Niederganges des Kolbens, darstellen würde. Dieselbe Curve o p a findet man für den Gang des Schiebers (von der Stellung Fig. 14 ausgehend) während des Aufganges von dem Kolben. Diese Curve ist regelmäßig und elliptisch, wenn man bei'm Construiren derselben die Länge der Kurbelstange des Kolbens und die des Excentricums unberücksichtigt läßt. Geschieht dies aber, so hat sie nicht ganz die Form einer Ellipse.

Sehr leicht kann man auch die relativen Stellungen der Schieber bestimmen. Nehmen wir an, daß sich der Daumen in der in Fig. 130 angegebenen Richtung befinde, d. h., daß der äußerste Punct der Curve fast auf der Linie, die durch ihren Mittelpunct geht, befindlich sei, und daß ferner der Kolben den höchsten Stand erreicht und niederwärts zu gehen im Begriffe sei. Der obere Schieber j' ist alsdann in der in Fig. 128 dargestellten Lage, und seine Oeffnungen fallen genau auf die des Ventiles, so daß der Dampf in den Canal zu strömen beginnen kann, der zu dem oberen Theile des Cylinders führt. Wenn nun das Ventil abwärts geht, so geht dieser Schieber, der keinen Widerstand findet, mit ihm, so daß einer von seinen Puncten a' eine kleine Curve a' b' c' beschreibt, welche der a b c genau ähnlich ist. Kaum ist er aber nach c' gekommen, so berührt sein Ansatz den Daumen l, der ihn in der niedergehenden Bewegung aufhält. Der Schieber bleibt daher stehen, während das Ventil weiter niedergeht. Es folgt daraus, daß der Punct a' des Schiebers auf Fig. 127 eine gerade Linie c' d' i' beschreibt, während der Punct a des Ventiles die Curven c d i durchläuft. Die Oeffnungen des Schiebers und des Schieberventiles correspondiren daher nicht mehr miteinander, und es kommt bald ein Moment, in welchem sie gänzlich

unterbrochen sind. Am Puncte e' muß die Gerade c' i' die Curve c f i schneiden. Der Eintritt des Dampfes ist daher unterbrochen, wenn der Kolben erst den Raum o e² zwischen den beiden Puncten 4' und 5' durchlaufen hat. Er geht durch die Expansionskraft des Dampfes weiter fort, bis daß er das andere Ende seines Laufes erreicht hat.

Man erkennt leicht durch die Zeichnung, daß von dem Puncte i ab das Ventil aufwärts zu gehen beginnt; der ihm adhärirende Schieber geht auch mit aufwärts, so daß der Punct a', wenn er nach x i' gelangt ist, eine Curve i' o' bildet, welche der i j o gleich und parallel ist.

An diesem Ende o nimmt das Ventil die in Fig. 129 dargestellte Stellung ein, welche der in Fig. 128 abgebildeten ganz entgegengesetzt ist. Man sieht, daß sie die untere Oeffnung g aufzuschließen beginnt, um den Dampf unter den Kolben treten zu lassen. Der obere Schieber j' ist zu seiner höchsten Stellung gelangt und kann nicht weiter steigen, weil der Stift, mit dem er versehen ist, gegen den Deckel der Büchse stößt und seinen Gang aufhält. Der untere Schieber j wird dagegen durch das Ventil mit weggeführt, dessen Oeffnungen er aufschließt, die mit der Vertiefung i in Verbindung stehen. Wie wenig sich aber das Schieberventil zu erheben fortfährt, so berührt doch der Ansatz dieses Schiebers bald den Daumen l, und sein Gang wird dadurch aufgehalten. Man könnte ebenfalls durch eine Projection den Gang eines Punctes a² dieses Schiebers in Beziehung zu einem Puncte des Ventiles verfolgen und, wie oben, den Punct des Kolbenlaufes finden, an welchem das Ausströmen des Dampfes unterbrochen ist.

Verfolgt man den Gang des Schieberventiles gehörig, so kann man leicht sehen, daß das Ausströmen des Dampfes, welcher auf den Kolben ge-

wirkt hat, wenigstens bei $\frac{3}{4}$ seines Laufes geschehen kann, sei der Punct, bei welchem das Einströmen unterbrochen wurde, auch welcher er wolle. Wirklich findet man, daß die Curve a d i o, welche dem Niedergange des Kolbens entspricht, von der horizontalen Linie getroffen wird, welche durch den höchsten Punct der Oeffnung g' zu dem Puncte p' geht, der fast dem Puncte 16' des Laufes entspricht.

Nun ist es klar, daß, wenn man annähme, der Damen l drehe sich in der Richtung des Pfeiles in Fig. 130 etwas um sich selbst, er den Ansätzen der Schieber einen seinem Mittelpuncte etwas näheren Theil der Curve darbieten und er von jenen später getroffen würde, welches dem Dampfe gestatten würde, während einer längeren Zeit in den Cylinder zu strömen, weßhalb die Expansion geringer sein würde.

Man sieht daher ein, daß, um die Expansion veränderlich zu machen, es hinreichend ist, die Stellung des nach einer Evolvente construirten Daumens zu verändern. Nun kann aber, wie schon bemerkt, diese Veränderung bewirkt werden, entweder indem man die Achse des Daumens m mittelst des an ihrem Ende angebrachten Griffes n mit der Hand dreht, oder indem man die Achse mit dem Kugelmoderator in Verbindung setzt. Es geschieht dies mittelst der Stange m', deren unteres Ende mit dem Balancier n' verbunden ist, dessen anderes Ende mit der Gabel n² des Pendels (Fig. 118) durch die beiden Stangen m² und durch die Stangen m³ und m⁴ (Fig. 132, 133 u. 134) vereinigt sein muß, damit sie zu beiden Seiten der gekrümmten Röhre C und des Halses, welcher das Ventil o enthält, durchgehen. Bringt man dieselbe auf die Seite der Vertheilungsbüchse, so kann diese Vorrichtung vereinfacht werden. Man kann übrigens die Stellung dieser Stangen und folglich auch die des Balanciers mittelst der Achse n²

reguliren, die frei in einer Röhre befindlich, und die an dem einen Ende mit einem kleinen Griffe versehen ist, mittelst welchem man sie dreht, sowie an dem anderen Ende mit einem Griffe mit Schlitz n^4 (Fig. 118 u. 133). Letzterer ist durch einen Zapfen mit der oberen Querstange h^2 verbunden, die bei'm Nieder- und bei'm Aufgange mit weggeführt wird. Die Stange m^4 besteht aus zwei durch eine Schraube vereinigten Theilen. Diese hat rechte und linke Gewinde, damit die Länge der Stange ganz genau regulirt werden könne. Oben ist sie durch ein Charnier mit der Gabel n^2 verbunden, welche, indem sie die Kehle der beweglichen Dülle E' umfaßt, bald gehoben und bald gesenkt wird, je nachdem die beiden Arme des Moderators F sich von der sie tragenden Welle E entfernen oder sich derselben nähern. Die rotirende Bewegung dieser Welle erfolgt, wie gewöhnlich, durch eine an der Triebwelle angebrachte Rolle G', deren Schnur um eine der Kehlen von der Rolle G geht, nachdem sie über Richtrollen gegangen ist. Uebrigens hat Hr. Farcot an dem Moderator wesentliche Verbesserungen angebracht, die wir jedoch an einem andern Orte kennen lernen werden.

Mittheilung der Bewegung. — Dampfkolben und Parallelogramm. — Der in dem Dampfcylinder befindliche Kolben besteht gänzlich aus Metall, mit Segmenten und Federn, wie bei den Hochdruckmaschinen. Er ist in den Figg. 123 u. 124, in ersterer in einem senkrechten Durchschnitte nach 5 bis 6 des Grundrisses, Fig. 124, dargestellt. Bei letzterem ist der Deckel als abgenommen gedacht. Er besteht aus einem gußeisernen Körper J, in dessen Mitte ein conisches Loch gebohrt worden ist, welches zur Aufnahme der eisernen Kolbenstange J' dient. Beide sind durch ein Splett verbunden, welches, damit sie sich nicht heben können, genau in der Oeff-

nung des Deckels J^2 liegt. Diese Verbindung ist zweckmäßig und verhütet Zufälle, die durch Loslösen des Splettes sich ereignen können. Der Mechaniker nimmt stets zwei Reihen von Segmenten zu Keilen, die eine solche Lage erhalten, daß sich die Fugen dek-ken, um jedes Entweichen von Dampf zu verhindern, eine sehr wesentliche Bedingung für einen gut angefertigten Kolben.

Der Segmente x giebt es vier in jeder Reihe, die durch ebensoviele Keile x' getrennt sind, auf deren Mitte der Druck innerer Federn wirkt, die sich kreuzen, wie es der Grundriß Fig. 124 zeigt. Diese aus flachem Stahle angefertigten und an den Enden verdünnten Federn scheinen besser, wie die gewöhnlich angewendeten Springfedern, zu sein, die sich zusammendrücken, oder schlecht spielen, oder leicht brechen. In der Mitte sind diese flachen Federn an den Kolbenkörper angeschraubt; sie drücken auf die Keile in der Richtung der durch ihre Mitte und folglich durch die Fugen der Segmente gehenden Halbmesser. Die Segmente selbst werden durch Stifte geleitet, welche an dem Boden und an dem Deckel des Kolbens angebracht sind.

Das obere Ende des Kolbens ist in der zu diesem Ende dickeren Mitte der eisernen Welle k befestigt. Die Enden derselben liegen in den Pfannen des gabelförmigen unteren Endes der schmiedeeisernen Kurbelstange L. Es muß diese Welle nebst der Kolbenstange auf ihrem Wege geleitet werden, damit sie eine genaue senkrechte Linie durchlaufe. Das dabei angewendete Parallelogrammsystem ist das folgende:

Die Enden der Achse k sind mit den beiden schmiedeeisernen Balanciers O verbunden, die an den anderen Enden mit der schwingenden Säule P, mittelst der Querstange o' und mittelst Zapfen und Pfannen vereinigt sind. Diese Säule ist unten an einem

Vorsprunge an der Basis des Sockels um einen Zapfen beweglich, und ihr oberes Ende beschreibt um denselben einen sehr kurzen Kreisbogen. Ihre Länge muß wenigstens das Dreifache von der des Kurbelhalbmessers betragen. Die Mitte o des Balanciers verbindet man auch mit den beiden eisernen Leitungen Q, welche um die festen Puncte Q' schwingen. Diese sind genau auf der Linie angebracht, welche durch die Mitte des Laufes der Achse K geht, wie man deutlich in Fig. 117 sehen kann.

Auf dieselbe Weise wird vor dem Parallelogramm auch die Kolbenstange der Luftpumpe geleitet. Zu dem Ende sind die beiden Balanciers O mit den beiden anderen großen, ebenfalls aus Schmiedeeisen bestehenden R verbunden, und deren Mitte mit dem Kopfe einer zweiten schwingenden Säule P' vereinigt ist. Diese ist kürzer, als die erste, und ihr fester Punct ist auf dem Cylinderdeckel befindlich. An dem Ende des Balanciers ist die horizontale Achse R' angebracht, in deren Mitte die Kolbenstange S der Luftpumpe angehängt ist. Auf Fig. 117 erkennt man leicht, daß durch diese Vorrichtung die Achse R' eine fast senkrechte Linie beschreibt, deren Länge genau gleich der Hälfte der KK' ist, welche den ganzen Lauf des Dampfcylinderkolbens mißt.

Eine andere Achse R^2 vereinigt auch noch dieselben beiden Balanciers, damit die Kolbenstange der Speisepumpe S' daran aufgehängt werden konnte. Da derselbe nur einen geringen Hub hat und die Stange sich nur wenig von der Verticalen entfernt, so konnte sie unmittelbar an den Balanciers aufgehängt werden.

Mittheilung der Bewegung. — Die Kurbelstange L ist oben mit bronzenen Pfannen versehen, welche die Warze L' der Kurbel umfassen, die ganz genau in dem Arme derselben festgehalten wird. Auf dem Kopfe der Kurbelstange ist ein Be-

cher angebracht, der, um die Pfannen in Oelung zu erhalten, mit Oel gefüllt wird. Zweckmäßiger ist es noch, durch die Oeffnung zu dem Zapfen einen Docht gehen zu lassen, der jenen fortwährend geölt erhält. Ueberhaupt ist eine solche Einrichtung für alle Zapfen zweckmäßig.

Die Triebwelle N, an deren Ende die Kurbel M mittelst eines großen und starken Splettes befestigt ist, besteht, wie diese, aus Gußeisen und trägt das Schwungrad Z. Sie hat die nöthige Länge zur Aufnahme des Räderwerks, welches die Bewegung auf die Arbeitsmaschine übertragen muß. Das Zapfenlager N', welches den einen Wellzapfen trägt, ist an die Säule gegossen, das andere in irgend einem andern Orte der Fabrik angebracht.

Das mehr als 3 Met. (10 Fuß) im Durchmesser haltende Schwungrad besteht aus mehreren Stücken, nämlich aus der Nabe Z' und ihrem Deckel, und aus dem Kranze Z. Letzterer besteht aus drei verschiedenen Stücken, die zusammengeschraubt sind, und die jedes mit zwei Armen oder Speichen in einem Stücke gegossen sind. Die Arme treten in Oeffnungen in der Nabe und sind durch Schraubenbolzen mit derselben verbunden. Im Verhältnisse zu der Kraft der Maschine ist das Schwungrad sehr groß und wirksam, und es muß dies auch stets dann der Fall sein, wenn man jene mit bedeutender Expansion betreibt.

Dampfcondensirung und Speisung des Kessels. — Luftpumpe und Condensator. — Wir sahen, daß der aus dem Cylinder ausströmende Dampf durch die gußeiserne Röhre p nach dem Condensator T' (Fig. 117) geleitet wird, in den auch durch die Röhre p', welche mit einem Wasserreservoir in Verbindung steht, ein Strahl von kaltem Wasser gelangt. Ein conischer Hahn q, der in dem Inneren

der Röhre angebracht und seitwärts mit einer gekrümmten, nach Unten zu gehenden Oeffnung versehen ist (siehe die Details in Fig. 139 u. 140), dient zur Regulirung der dem Condensator zuzuführenden Wassermenge. Die Stange dieses Hahnes q', welche über das Gefäß V hinausgeht, ist mit einem Griffe mit Zeiger versehen, durch den man den Hahn um jede beliebige Größe drehen kann. Um ihn stets in seinem Sitze zu erhalten, hat der Mechaniker eine Druckschraube über ihm angebracht, die sich in einer in das Gefäß eingeschraubten Mutter dreht, weßhalb der Stiel gekrümmt werden mußte, wie Fig. 139 zeigt.

Die Luftpumpe T, welche die Luft und das Condensationswasser heben soll, ist gänzlich von dem Condensator eingeschlossen, mit welchem er unten in freier Verbindung steht. Ein Ventil ist, wie bei sehr vielen Niederdruckmaschinen, nicht vorhanden, da es auch dann, wenn die Luftpumpe in dem Condensator steht, unnöthig ist. Denn wenn der Kolben U sich hebt, so bildet sich unter demselben eine Luftverdünnung, die auch zu gleicher Zeit, jedoch im geringeren Grade, in dem Raume T' durch den Dampf entsteht, der in denselben einströmt und sich darin verdichtet, worauf sich das anfänglich in Ruhe zu sein scheinende Condensationswasser hebt und sofort dem Gange des Kolbens folgt. Wenn derselbe sinkt, so scheint das Wasser anfänglich auch wieder zu sinken; allein da der Druck in dem Condensator, ohnerachtet der übrigens stets unvollkommenen Luftleere, nothwendig weit stärker, als in dem Pumpenkörper ist, so öffnet das Wasser die Klappe r und geht durch den Kolben, ohne in den Condensator zurückzusinken, obwohl weder Klappe noch Ventil an dem unteren Ende der Pumpe vorhanden ist. Geht der Kolben wieder in die Höhe, so öffnet das über ihm stehende Wasser die zweite Klappe r', welche in dem Deckel der Pumpe

vorhanden ist, und begiebt sich in den oberen Behälter V, der gänzlich aus Gußeisen besteht und auf den Condensator aufgeschraubt ist.

Die Klappen r und r' sind kreisrunde, aus Bronze gegossene und auf dem unteren Rande abgedrehte Scheiben. Die Höhe, bis zu welcher sich erstere über dem Kolben erheben kann, wird durch den Absatz an der Kolbenstange bestimmt, und beträgt etwa ¼ von ihrem Durchmesser. Die Erhebung der zweiten Klappe wird durch zwei an der Stopfbüchse der Luftpumpe angebrachte Stifte beschränkt.

Der Kolben O hat die gewöhnliche Einrichtung, ist aus einem Stücke gegossen (siehe die ihn besonders darstellenden Figg. 141 u. 142), im Inneren hohl, um der Luft und dem Condensationswasser freien Durchgang zu gestatten, und ist auf seiner Peripherie mit einer cylindrischen Kehle versehen, die man mit stark aneinander gepreßten Hanfgeflechten umgiebt. Die Nabe des Kolbens ist mit dem Kranze durch 4 Arme verbunden, und sie ist zur Aufnahme des Endes von der Kolbenstange, welcher mit einer Schraubenmutter daran befestigt ist, ausgebohrt.

Speisepumpe. — Diese Pumpe hat die Bestimmung, einen Theil des Condensationswassers aus dem Gefäße V, in welcher sie hängt, zu nehmen und es dem Dampfkessel zuzuführen. Sie ist in x, Fig. 120, dargestellt, welche ein senkrechter Durchschnitt nach der Linie 9 bis 10 des Grundrisses, Fig. 119, ist. In Fig. 136 sieht man die Pumpe in dem äußeren Aufrisse. Das Gefäß, in welchem sie hängt, ist als nach seiner Achse und parallel mit 9 bis 10 durchschnitten dargestellt. Die Kammern des Saug- und Druckventiles u und u' bestehen, wie der Pumpenkörper, aus Gußeisen, sowie auch der Seitenheber, durch welchen das Wasser aus dem Gefäße aufgenommen wird; alle diese Theile sind in einem Stücke

gegossen. Unten kann dieser Heber durch einen Zapfen v verschlossen werden, dessen Stange an einer Stelle mit Schraubengewinde versehen ist, so daß sie gehoben und gesenkt werden kann, indem man sie mittelst des Griffes v' dreht. Die Ventile haben die in den Figg. 137 u. 138 dargestellte Form, so daß sie in ihren messingenen, in den Ventilkammern eingelassenen Sitzen geleitet werden können. Die Kammern werden von kreisrunden Deckeln y y' verschlossen, welche durch Druckschrauben, deren Muttern in Bügeln befindlich sind, fest angedrückt werden. Auf diese Weise kann man leicht zu den Ventilen gelangen. An der Röhre, welche das Speisewasser zum Kessel führt, ist ein Hahn v^2 angebracht, um diese Verbindung öffnen oder verschließen zu können.

Die Leistung dieser, mit einem Drucke von 3½ Atmosphäre betriebenen Maschine ist die von etwa 8 Pferdekräften zu 75 Kilogrammmetern, wobei auf die Pferdekraft stündlich 4,2 Kilogr. (fast 9 Pfund) Steinkohlen erforderlich sind.

Eine ganz gleich construirte Maschine von 10 Pferdekräften, welche Hr. Farcot für eine Wollspinnerei in Paris geliefert hat, giebt die folgenden sehr guten Resultate, indem sie in Betrieb setzt:

17 Wollkratzen,
3 Wölfe,
5 Spinnmaschinen,
1 Wasserpumpe, die eine Pferdekraft in Anspruch nimmt, sowie die ganze erforderliche Mittheilung der Bewegung.

Der Durchmesser des Dampfcylinders beträgt 0,39 Met.; der Kolbenlauf . . . . 0,80 „ der Kolbenwechsel in der Minute beträgt 30, der mittlere Druck 3½ Atmosphären.

Die Maschine verbraucht durchschnittlich nur 28 30 Kil. Steinkohlen in der Stunde.

Wir machen über die beschriebene, sowie überhaupt über die Maschinen des Hrn. Farcot noch folgende allgemeine Bemerkungen:

1) Sie haben einen verhältnißmäßig sehr weiten Cylinder, wodurch die Anwendung einer bedeutenden Expansion möglich ist.

2) Sie verbrauchen, im Verhältnisse zu ihrer Kraft, nur wenig Brennmaterial.

3) Sie können, wenn es erforderlich ist, mit bei Weitem stärkerer Kraftentwickelung betrieben werden, als sie eigentlich sollen, weil die Expansion von etwa $\frac{1}{8}$, oder noch darunter, bis zur Hälfte des Kolbenlaufes verändert werden kann, so daß man nur die Kessel etwas größer einzurichten braucht.

4) Die Brennmaterialersparung ist um so bemerklicher bei diesen Maschinen, je sorgfältiger der Dampfcylinder mit einem Mantel umgeben ist, in welchem der Dampf circulirt, ehe er sich in die Vertheilungsbüchse begiebt. Es ist dieß, wie wir sahen, eine wichtige Bedingung.

5) Endlich machen die sorgfältige Ausführung der Maschinen, der wenige Platz, den sie einnehmen, sowie ihr geringer Aufwand, dieses System sehr vortheilhaft, so daß dessen Nachahmung sehr zweckmäßig erscheint.

Allgemeine Bemerkungen über die Dampfmaschinen mit veränderlicher Expansion. — Sehr wesentlich ist es, daß der Heizer bei'm Beginne des Betriebes der Maschine in seinem Kessel den verlangten Druck des Dampfes habe, weil er im Gegentheile mehr Brennmaterial verbrauchen würde. Nehmen wir, z. B., an, daß die oben beschriebene Maschine im normalen Zustande einen Nutzeffect von 7 Pferdekräften ausüben solle. Man kann denselben mit einem Drucke von $2\frac{1}{2}$ Atmosphären in dem Cylinder, oder von etwa 3 Atmo-

sphären in dem Kessel, und bei einer Expansion von 1 zu 2,5 erhalten. Nun erhält man aber auch dieselbe Leistung, wenn man die Maschine mit einem Drucke von $3\frac{1}{2}$ Atmosphären im Cylinder, oder von 4 Atmosphären im Kessel, und mit einer Expansion von 1 zu 5 betreibt. In diesem Falle beträgt der Brennmaterialverbrauch nicht mehr als 2,5 Kil. Steinkohlen in der Stunde auf die Pferdekraft, während sie sich im ersteren Falle fast auf das Doppelte beläuft. Wenn daher der Heizer die Maschine in Betrieb setzt, wenn der Druck im Kessel höchstens 8 Atmosphären beträgt, so wird sie, indem sie sich durch den Moderator selbst regulirt, und indem sie eine Kraft von 7 Pferden ausübt, den Schiebern eine solche Stellung geben, daß die Expansion etwa $\frac{1}{2}$ beträgt, und da der Dampfverbrauch danach regulirt wird, so wird der Druck von 8 Atmosphären im Kessel erhalten und steigt nicht höher. Hat nun der Heizer nicht die erforderliche Intelligenz, sondern denkt er, daß der Betrieb bei diesem Drucke gut sei, und läßt er ihn den ganzen Tag so, so wird der Brennmaterialverbrauch das Doppelte von dem Betrage, wenn er die Dämpfe bis auf $3\frac{1}{2}$ oder 4 Atmosphären spannt und die Expansion auf $\frac{1}{5}$ regulirt, wobei der Nutzeffect derselbe bleibt. — Man ersieht daher, wie wichtig es ist, die Maschinenwärter gehörig zu beaufsichtigen.

III. Beschreibung der Dampfmaschinen mit horizontalen oder liegenden Cylindern.

In der ersten Abtheilung und im ersten Kapitel der zweiten Abtheilung ist bereits erwähnt worden, daß der verticale Stand des Dampfcylinders kein nothwendiges Erforderniß einer Dampfmaschine sei. Wenn die Beschränktheit des Raumes es erfordert und man dem Kolbenzug eine hinlängliche Extension lassen

will, so kann der Cylinder auch eben so gut eine schräge, oder eine horizontale Richtung bekommen. Häufig giebt man auch den Cylindern der Dampfmaschinen die letztgenannte Richtung, um durch das niedrige Gerüste größere Festigkeit zu erlangen, und um aus der hin- und hergehenden Bewegung des Kolbens eine erforderliche kreisförmige Bewegung abzuleiten. Es soll hier eine hinreichende Beschreibung der Einrichtung der Dampfmaschinen mit horizontalen oder sogenannten liegenden Cylindern gegeben werden. Durch diese und die vorhergehenden Beschreibungen wird man im Stande sein, sich einen Begriff von der Einrichtung solcher Maschinen machen zu können, deren Cylinder eine schräge Richtung haben. Man berücksichtige noch, daß bei dieser Beschreibung stillschweigend hochdrückender Dampf vorausgesetzt wird, was bei Maschinen mit liegenden Cylindern fast immer der Fall ist, weil sie einen viel vortheilhafteren Effect gewähren können, wenn sie nicht mit niederem, sondern mit hohem Drucke arbeiten; auch setzt man im ersteren Falle voraus, daß die Luftpumpe gleichfalls horizontal gerichtet sei.

Die verschiedene Stellung und Einrichtung der Haupttheile einer Dampfmaschine mit liegenden Cylindern ist der Hauptsache nach im Aufriß und im Grundriß in den Fig. 143 Nr. 1 und 2 dargestellt. A Dampfcylinder, welche auf dem eisernen Gestelle D liegt. B Dampfbüchse, mit den Cylindern von vorn und von hinten communicirend durch die kurzen Röhren Q, R. In der Figur ist mehrerer Deutlichkeit halber vorausgesetzt, daß die Dampfbüchse über dem Cylinder liegt; es ist jedoch für das Ablaufen des im Cylinder sich bildenden Wassers viel besser, wo nicht nothwendig, daß diese Büchse oder Kammer unter dem Cylinder liege.

Die Einrichtung dieser Dampfbüchse kann so,

wie gewöhnlich sein; es können in derselben zwei Schieberventile arbeiten u. s. w. Der Figur nach ist jedoch diese Dampfbüchse ein enger Cylinder, welcher den Dampf aus dem Kessel durch die Röhre S empfängt und den benutzten Dampf in die Warmwassercisterne durch die Röhren O und P entweichen läßt; sie ist dann auch versehen mit zwei runden Dampfventilen, die als hin- und hergehende Kolben thätig sind und abwechselnd an diese und an jene Seite der Dampföffnungen Q und R kommen, wodurch diese Oeffnungen, sowie es nöthig ist, abwechselnd mit den Röhren S und O, P in Communication gebracht werden, um den Dampf zu empfangen und auszulassen. So ist meistentheils die Einrichtung der Dampfbüchsen der Maschinen mit liegenden und mit schrägen Cylindern, obschon sie auch bei stehenden Cylindern angewendet werden kann, wie bei der specielleren Beschreibung der Einrichtung dieser Art von Dampfbüchsen in der folgenden Abtheilung ausführlich gehandelt werden soll.

Die horizontale Stange C des horizontalen Dampfkolbens läuft mit ihrem Ende durch einen viereckigen Kopf E, welcher mit der Mitte einer Achse a a verbunden ist, um deren Enden zwei eiserne Rädchen F, F sich drehen. Diese Rädchen laufen zwischen den Leitstücken G, G (die beständig in Oel erhalten werden müssen), welche auf den festen Stühlen H, H stehen, so daß die Stange des genannten Dampfkolbens auf diese Weise hinlänglich genau in ihrer verticalen Richtung der Bewegung erhalten werden kann (denn mit der Zeit nutzen sich die Geleise stark ab und müssen wieder erhöht, d. h. etwas höher gekeilt oder emporgeschraubt werden).

Die Kurbelstange I I, welche ebenfalls eine horizontale Richtung hat, schließt mit einer Gabel b c, b c um die eben erwähnte Axe der Leiträder F, F und

ist ferner auf die gewöhnliche Weise mit dem Krummzapfen K K verbunden. Auf diese Weise kann alsdann die hin- und hergehende Bewegung des Dampfkolbens auf eine sehr einfache Weise die kreisförmige Bewegung der Welle L L erzeugen, auf welcher das Schwungrad aufgezogen ist *); diese Bewegung kann alsdann wiederum anderen Maschinen mitgetheilt werden, wie auch die Bewegung der Kolben der Kaltwasser- und der Warmwasserpumpen, diejenige der Dampfventile, diejenige des conischen Pendels u. s. w. durch excentrische Scheiben ꝛc. von der Bewegung des Wellbaumes L L abgeleitet wird. In der Figur ist nur dargestellt, wie die Bewegung der cylindrischen Dampfventile, welche im Cylinder B hin- und hergeschoben werden müssen, vom Wellbaume L L abgeleitet wird, oder abgeleitet werden kann. Auf der Welle L L sitzt nämlich eine gewöhnliche excentrische Scheibe M, deren Stange N mit ihrem Ende den Hals d eines Kniestücks d e umschließt; dieses Kniestück steht in Verbindung mit dem Ende einer horizontalen Achse f f, die sich in zwei Lagern o, o dreht, welche oben mit den Leitstücken G, G (oder auch unten mit denselben) verbunden sind. Die Mitte dieser kleinen Achse trägt einen Arm oder einen Hebel g, welcher entweder durch Verzahnung oder mittelst eines Gelenkes auf die Stange h h der Dampfventile wirkt und diese Ventile also durch die Wirkung der excentrischen Scheibe M hin- und hergehen läßt.

*) Zuweilen sind zwei Maschinen mit horizontalen Cylindern nebeneinander gestellt, welche gleichzeitig auf die Welle L L wirken, in der Art jedoch, daß die Richtungen der beiden Kurbeln alsdann einen Winkel von 90° miteinander bilden. Diese Verdoppelung der Maschinen hat vornehmlich den Zweck, den Wellbaum L L regelmäßiger umzudrehen, wenn der überzutragende Druck beträchtlich ist u. s. w.

Aus dieser Beschreibung wird man entnommen haben, daß die Einrichtung einer Dampfmaschine mit einem horizontalen Cylinder in der Hauptsache ganz dieselbe ist, wie diejenige einer Maschine mit einem stehenden Cylinder, einer der Arten Fig. 110 u. 111, oder auch, daß, wenn man sich eine dieser Maschinen in horizontaler Stellung denkt, man beinahe eine Einrichtung bekommt, welche derjenigen von Fig. 143 ähnlich ist.

Es ist jedoch immer die Einrichtung des Gerüstes einfacher, wenn der Cylinder nicht vertical gestellt ist, sondern eine horizontale Lage hat, und was Einfachheit der Zusammensetzung anlangt, so muß man alsdann der Anwendung dieser Maschinen den Vorzug vor andern geben; aber sie leiden, wie schon im ersten Kapitel bemerkt worden, an einem sehr wichtigen Gebrechen, weßwegen ihre Anwendung bis neuerlich immer sehr beschränkt blieb. Die Kolben drücken nämlich mit ihrer ganzen Schwere ganz allein auf den unteren horizontalen Theil ihrer Cylinder und verursachen durch die unaufhörliche, abwechselnde Bewegung eine Abnutzung dieses Theiles der Cylinderwandungen, wodurch dieselben aus einer ganz runden eine eirunde Gestalt bekommen und den Dampf zwischen der oberen Wandung und dem Kolben endlich durchlassen, woraus zum Mindesten eine starke Abnahme der Kraft dieser Maschinen entspringen muß.

Man hat sich auf verschiedene Weise bemüht, diesem Fehler abzuhelfen. Zuerst wendete man in den metallenen Kolben sehr starke Federn an, welche die Form der Wagenfedern haben, wodurch die oberen Segmente immer sehr stark gegen die obere Cylinderwand angedrückt werden, je nachdem sich die untere Wandung ausarbeitet. Dadurch entsteht jedoch eine beträchtliche Vermehrung der Reibung, und die ungleiche Abnutzung der Cylinderwand wird keineswegs ganz und gar verhindert.

Zum andern kann man die Kolbenstange B C Fig. 144 sowohl an der Vorderseite, als an der Hinterseite aus dem Cylinder heraustreten und dieselbe mit Rädchen D, E in Geleisen laufen lassen.

Wenn dann die Kolbenstange eine mehr, als gewöhnliche Dicke hat, so daß sie nicht stark sich biegen kann, so wird allerdings der größte Theil der Last des Kolbens von dieser Stange getragen werden, und die Abnutzung der Cylinderwand muß dabei sehr abnehmen, während die Abnutzung der unteren Wände der Stopfbüchsen nicht so beträchtlich sein kann, besonders weil die durchlaufende Kolbenstange nun, so zu sagen, an 4 Puncten unterstützt wird. Die Oberfläche des Kolbens, gegen welche der Dampf drückt, wird durch diese Einrichtung auch an beiden Seiten des Kolbens gleich groß. Bei dieser Einrichtung bedarf die Maschine beinahe ¼ mehr Raum in der Länge, aber man ist auch bei derselben im Stande, auf jeder Seite des Cylinders mittelst zweier Kurbelstangen F und G eine umdrehende Bewegung darzustellen.

Fig. 145 stellt dieselbe Einrichtung dar, allein nach den Umständen modificirt — wenn man die Bewegung durch zwei Kurbelstangen G H, verbunden mit dem Galgen F F, durch dessen Mitte der vordere Theil C der durchlaufenden Kolbenstange geht, nur auf eine Welle übertragen will — und wenn man, statt mit Rädchen, die Kolbenstange mittelst zwei metallener Lager D, E leiten und unterstützen will, was einfacher ist und sich auch sehr gut bei kleinen Maschinen anwenden läßt.

Man kann alsdann, auch zwei Cylinder A B Fig. 146 einander gegenüberstellen, die Kolben derselben durch dieselbe Stange C vereinigen, diese Stange durch einen Galgen D D laufen lassen und die gleichzeitige Bewegung der beiden Kolben dergestalt auf die Welle H G mittelst der Kurbelstangen

E, F übertragen. Der Dampf, welcher zu gleicher Zeit auf die vordere Seite eines der Kolben und auf die hintere Seite des anderen Kolbens wirken muß, kann mittelst einer Dampfbüchse in die beiden Cylinder gelassen werden; aber es ist besser, unter jeden Cylinder eine Dampfbüchse I K zu bringen, die den Dampf aus den Röhren R, S aufnehmen und denselben durch die Röhren V W, T U abziehen lassen kann, während sie mittelst der Röhren L M, N O mit den oberen und unteren Theilen der Cylinder communicirt. Die runden Dampfventile in diesen Büchsen müssen dann durch dieselbe Stange P Q verbunden sein und können mittelst einer gezahnten Stange Y und eines gezahnten Bogens X, oder auf irgend eine andere Weise die nöthige hin- und hergehende Bewegung von der Welle H G erhalten.

Die Unterstützung der beiden Kolben durch die einzelne Stange C ist jedoch gebrechlicher, als die Unterstützung eines einzigen Kolbens mittelst einer durchlaufenden Stange bei der vorhergehenden Einrichtung. Aber viel besser ist es bei der Anwendung von Dampfmaschinen mit liegenden Cylindern, die folgende Einrichtung vor allen anderen zu wählen. Es sollen z. B. A und B Fig. 147 zwei einander gegenüber befindliche Cylinder sein, in welchen der Dampf nur an den hinteren Enden aufgenommen und ausgelassen werden kann, und die, außer an den Deckeln H und I, keineswegs genau ausgebohrt zu sein brauchen. In diesen Cylindern arbeitet ein einziger Kolben A C B, welcher überall denselben Durchmesser hat und zwischen den beiden Cylindern zugleich auch als Stange dient, um mit einem Galgen D D und zwei horizontalen Kurbelstangen E, F die Kurbeln G, G und auf diese Weise eine Welle in Umgang zu setzen u. s. w. Dieser Kolben, welcher der Leichtigkeit halber meistens hohl gegossen

werden kann, ist seiner ganzen Länge nach genau abgedreht und schließt vollkommen in den vorderen, ausgebohrten Theil der beiden Cylinder, während letztere im übrigen Theile ihrer Länge im Durchmesser etwas weiter sind (und an diesen Stellen nicht ausgebohrt zu werden brauchen), damit der Kolben hier nicht die Wandung des Cylinders berühre. Die Cylinderdeckel H und I liegen eigentlich um den Kolben herum und sind eigentlich die Deckel von Stopfbüchsen, durch welche die Stangen gewöhnlicher Kolben dampfdicht durchlaufen. Zwischen diesen Deckeln und dem Anfange der ausgebohrten Cylinderwände besteht dann auch eine metallene Liederung, welche durch Anschrauben der Deckel immer fester um den Kolben herum angedrückt werden kann, wenn etwa Abnutzung eingetreten ist; mittelst der oben angebrachten Oelgefäße K, K kann der Kolben beständig schlüpfrig erhalten werden.

Obgleich hier zwei Cylinder vorhanden sind, oder vorhanden sein müssen, so ist der Effect jedoch nicht größer, als er in einem einzigen Cylinder mit einem gewöhnlichen Kolben zu sein pflegt, weil hier die Vorderseite des Kolbens in dem einen Cylinder sitzt, während die hintere Seite im anderen Cylinder enthalten ist. Aber obgleich die Einrichtung hierdurch weniger einfach wird, als wenn nur ein Cylinder besteht (wie in Fig. 143), und obgleich auch die Reibung eher stärker, als schwächer ist, so ist sie jedoch bei Weitem nicht denselben Mängeln unterworfen, ja der Fehler, welcher durch Abnutzung der unteren Wände der Deckel H, I u. s. w. erzeugt wird, ist von geringer Bedeutung, da man bei der Einrichtung der metallenen Liederung durch Anschrauben der Deckel das Entweichen des Dampfes bald abzustellen vermag.

So verschieden die Weisen sind, wie man die

auf- und niedersteigenden Stangen der Dampfkolben stehender Cylinder leiten und durch dieselben die Bewegung auf einen Wellbaum übertragen kann, ebenso verschieden kann man hierbei bei horizontal gerichteten Cylindern nach Maßgabe der Oertlichkeit u. s. w. zu Werke gehen. Fig. 148 liefert in diesem Betreff noch ein Beispiel, welches bei einer Dampfmaschine von kleinen Dimensionen anwendbar ist. A ist der Cylinder, B die Kolbenstange, welche in einem metallenen Lager C Leitung und Unterstützung erhält. Die Welle I I des Schwungrades, auf welches die Bewegung mittelst des Krummzapfens H H übergetragen werden soll, ist vor dem Cylinder gebracht, aber die Kolbenstange B kommt an der Hinterseite aus dem Cylinder, damit die Kurbelstangen E, F, G (die mit einem Galgen D D mit der Stange B B verbunden sind) die nöthige Länge erhalten, wenn der Abstand des Cylinders von der Welle des Schwungrades zu gering sein sollte, oder auch, damit sie eine mehr als gewöhnliche Länge bekommen können, um dadurch ihre Wirkung auf die Kurbel zu erleichtern. Endlich vereinigen sich zwei Stangen bei F, und es läuft daselbst durch dieselben eine Stange, F G, welche die eigentliche Kurbelstange ist, und wodurch folglich eine zu lange Krümmung der Kurbel verhindert wird; denn durch eine lange Krümmung, auf welche zwei Kurbelstangen wirken, wird eine Welle immer geschwächt, oder es werden mehr Unterstützungspuncte erforderlich.

Ohnerachtet mancher Mängel gewähren doch, aus schon im ersten Kapitel erwähnten Gründen, die horizontalen Dampfmaschinen so große Vortheile, daß man sie jetzt häufig anwendet.

In der Oelgasfabrik, welche in Amsterdam bestand, befand sich eine Dampfmaschine von hohem Druck und einer nominellen Kraft von 6 Pferden,

welche mit einem horizontalen Cylinder arbeitete. Die Bewegung des Kolbens wurde auf die in Fig. 148 angegebene Weise auf die Welle übergetragen. Die Dampfmaschine diente dazu, das Oelgas zu comprimiren, oder es bis zu einer Dichtigkeit zusammenzudrücken, bei welcher das Gas einen Druck von 40 Atmosphären ausüben konnte. Für diesen Zweck befand sich an der genannten Welle, auf welcher auch das Schwungrad saß, eine Kurbel mit drei Armen; auf die mittlere Kurbel wirkte die Stange des Dampfkolbens; die zwei anderen Kurbeln wirkten auf dieselbe Weise auf die Taucherkolben von zwei horizontalen Druckpumpen, die auf jeder Seite des Dampfcylinders lagen und von einfacher Wirkung waren. Die Kolben wirkten durch Vermittelung einer Quecksilbersäule, oder auch wohl mittelst einer Wassersäule, auf das Gas, welches aus dem Gasometer (einer umgestürzten, durch Wasser gesperrten Glocke) über die genannte Säule durch eine Röhre geleitet wurde, die ein nach Innen spielendes Ventil besaß. Durch das Vorwärtsschreiten des Kolbens wurde dieses Ventil geschlossen und das Gas durch ein aufgehendes Ventil in eine enge Röhre getrieben, welche sich in den Gasrecipienten einmündete, in welchem das Gas bis zur erforderlichen Spannung angehäuft und alsdann in die transportabeln, aus geschmiedetem Eisen verfertigten Gaskrüge gefüllt wurde.

Man findet auch eine gute Anwendung einer Dampfmaschine mit horizontalem Cylinder in Braithwaite's Dampffeuerspritze, deren man sich in London, sowie auch in Berlin bedient, und die den Vortheil gewährt, in kurzer Zeit eine sehr große Quantität Wasser in eine beträchtliche Höhe zu fördern, wie daselbst schon häufige Erfahrung gelehrt hat.

Der Kessel und die zugehörigen Theile nebst der Maschine und dem Pumpenwerke stehen in einem

eisernen Gestelle auf hölzernen Lagern, die auf den Federn eines vierräderigen Wagengestelles ruhen. Die Einrichtung der Zusammensetzung ist also ganz eigenthümlich und hat die meiste Aehnlichkeit mit derjenigen eines Dampfwagens (von welchem im achten Kapitel eine Beschreibung gegeben werden soll), so daß Alles auch dem Volumen nach sehr compendiös ist.

Dem horizontalen Dampfcylinder gegenüber, der dicht hinter dem Kessel liegt, befindet sich eine horizontale Druckpumpe von doppelter Wirkung; der Dampfkolben und der Druckpumpenkolben sind durch dieselbe Stange verbunden, und dieser Theil der Zusammensetzung kommt deßhalb der Form nach überein mit der Zusammensetzung von zwei horizontalen, einander gegenüber wirkenden Dampfcylindern, Fig. 146, außer daß hier keine Umwandlung einer abwechselnden geradlinigen in eine kreisförmige Bewegung Statt findet. Da die Druckpumpe von doppelter Wirkung ist, so nimmt sie das Wasser sowohl auf der einen, als auf der anderen Seite des Kolbens mittelst zweier Röhren aus Cisternen, Brunnen, Gräben u. s. w. auf, und auf diese Weise wird das Wasser durch dieselbe Pumpe beständig in den Windkessel geführt und tritt von da in die Druckröhren oder Schläuche.

Wir geben die Beschreibung einer Förderungsmaschine mit horizontalem Cylinder in der Nähe von St. Etienne in Frankreich.

Die Figg. 149 u. 150, Taf. XV, stellen den Auf- und den Grundriß von der Dampfmaschine und dem Korbe dar, auf welchen sich das Förderseil von Eisendraht wickelt. A ist das Gerüst von Eichenholz, auf welchem die Maschine befestigt worden ist. Es ruht auf 6 großen Quadersteinen, welche in das Mauerwerk eingelassen worden sind, und ist durch 11 starke eiserne Bolzen mit Schließkeilen auf diesen Steinen befestigt.

B gußeiserne Platte, auf welcher der Cylinder der Maschine, sowie das Zapfenlager der Welle, befestigt ist. Sie dient zur Vereinigung dieser beiden Puncte, auf welche die hauptsächlichste Kraft der Maschine ausgeübt wird, und hält sie in gehöriger Entfernung voneinander. Durch dieselbe gehen dieselben Bolzen, welche das hölzerne Gerüst mit dem Grundgemäuer verbinden.

C, Dampfcylinder.

D, Dampfbüchse auf der einen Seite des Cylinders.

E, Dampfröhre, welche von dem Kessel herkommt.

F, Röhre, in welche das Ventil eingeschlossen ist, mittelst dessen man die Menge des zu dem Cylinder zuzulassenden Dampfes regulirt.

G, Cylinder der Druckpumpe, welche den Kessel speis't.

H, Sitze für das Saug- und das Druckventil der Speisepumpe.

I, Saugröhre.

J, Röhre für das Speisewasser.

K, massiver Kolben der Speisepumpe.

Z, Stück von der Form eines T, welches die Kolbenstange mit dem Bügel an der Kurbelstange verbindet und zu gleicher Zeit die Speisepumpe bewegt.

M, Kolbenstange.

N, Lager, in welchem sich diese Stange bewegt.

O, Stange, welche der Kurbel die drehende Bewegung ertheilt.

P, Kurbel.

Q, Schwungradwelle.

R. Excentricum, welches auf der Schwungrad- [illegible] kann, und durch welches der Ver- [illegible] bewegt wird.

[illegible] auf der Schwungradwelle, welcher

mittelst einer Erhöhung und einer anderen an der Schwungradwelle, die 180 Grad voneinander entfernt liegen, das Excentricum in seine Bewegung mit fortzieht, wie die weiter oben mitgetheilte Beschreibung eines solchen Excentricums näher nachweis't.

Y, Excentrikscheibe.

T, Stange des Vertheilungsschiebers. Sie erhält ihre Bewegung von der Excentrikstange Y mittelst zweier Hebel S, S' und einer horizontalen Welle z.

T', Kurbel und Stange, um mit der Hand die Oeffnung des Regulirungsventiles regeln zu können.

T'', Griff oder Hebel an der horizontalen Welle Z, welcher dazu dient, den Vertheilungsschieber mit der Hand zu führen, wenn man die Richtung der drehenden Bewegung der Kurbel P und des Korbes umkehren will.

V, Schwungrad.

U, gußeiserne Korbwelle.

p, Getriebe auf der Schwungradwelle.

r, Zahnrad an der Korbwelle U.

x, Kurbel an der horizontalen Welle y, an welcher der Winkelhebel v befestigt ist. Dieser Mechanismus dient zur Hebung der Excentrikstange Y, um den Einschnitt dieser Stange von dem Knopfe des Hebels auf der horizontalen Welle z zu lösen, wenn man die Richtung der drehenden Bewegung umkehren will. Zu dem Ende stellt der Maschinenwärter den Fuß auf die Kurbel x, die Welle y dreht sich um ihre Achse, und der Hebel v hebt die Stange Y so weit, damit der Knopf des Hebels S von dem Einschnitte befreit werde; die Stange Y wird übrigens zum Theil von einem Gegengewichte im Gleichgewichte erhalten. Die Stücke des Mechanismus, welche dem Vertheilungsschieber die Bewegung ertheilen, sind in den Figuren 154—158 nach einem größeren Maßstabe dargestellt worden. Wir kommen weiter unten auf diese einzelnen Theile zurück.

Die Maschine des Bérard-Schachtes ist übrigens eine solche mit einfachem Schieber, ohne Voreilen und Bedeckung. Die Vertheilung bietet nichts Eigenthümliches dar, und wir brauchen daher keine detaillirte Beschreibung davon zu geben. Wir bemerken hier nur, daß bei einer Maschine mit langem Cylinder es sehr nachtheilig ist, den Dampf durch einen einzigen Schieber zu vertheilen, der die Oeffnungen bedeckt, die mit den Enden des Cylinders durch sehr lange Canäle in Verbindung stehen, und die folglich ein bedeutendes Dampfvolum enthalten, welches an dem Ende eines jeden Kolbenzuges verloren ist, ohne irgend einen Nutzeffect geleistet zu haben. Es ist weit zweckmäßiger, zwei Schieber an einer Stange zu haben, die gleichzeitig auf zwei Platten gleiten, die in der Nähe der Cylinderböden angebracht sind.

Da der Kolben der vorliegenden Maschine allein einige Eigenthümlichkeiten darbietet, so haben wir ihn in den Figg. 151, 152 u. 153 dargestellt. Fig. 152 ist ein Grundriß des Cylinders von Unten; Fig. 151 ein senkrechter Durchschnitt durch die Achse der Stange; Fig. 153 der Grundriß von einem der Liederungsringe. Der excentrische Ring, Fig. 153, besteht aus Gußeisen; an dem Puncte seiner größten Stärke hat er einen Einschnitt, der fast die Gestalt eines gleichseitigen Dreieckes hat, dessen Leere von einem prismatischen Keil e ausgefüllt ist; in dem Innern des gußeisernen Kranzes befindet sich ein anderer von Schmiedeeisen, der mit einer Verstärkung versehen ist, die ein Loch mit Schraubengewinde enthält, in welchem der Bolzen befindlich ist, der die Springfeder aufnimmt, welche den Keil in den Einschnitt stößt.

Zwei solche Ringe, welche so übereinander liegen, daß der Einschnitt des einen einem vollen Theile des andern entspricht und 180 Grad von dem ersteren entfernt ist, bilden die ganze Liederung. Diese Ringe

liegen mit gehörig abgerichteten Flächen genau aufeinander, und ebenso dicht zwischen den beiden gußeisernen Deckeln, die ebenfalls genau abgerichtet sind. Die Kolbenstange von Eisen oder von Gußstahl läuft in einen kegelförmigen Kopf aus, welcher in die Oeffnung des obersten Deckels tritt. Ein eiserner Schließkeil geht durch die beiden Stücke und verbindet sie fest miteinander. Der untere Deckel ist mit dem oberen durch 3 Bolzen verbunden, welche durch den ersteren gehen, und indem ihre Köpfe in denselben eingelassen sind; sie sind in Muttern in der Stärke des zweiten eingeschraubt, so daß beide Deckel einander so genähert werden können, daß die beiden Liederungsringe genau zwischen ihnen liegen.

Wenn der Kolben zusammengesetzt worden ist, so bringt man ihn auf die Drehbank, um seine Peripherie genau mit dem Cylinderdurchmesser in Uebereinstimmung zu bringen.

Die auf diese Weise eingerichteten Kolben sollen sehr zweckmäßig und brauchbar sein; sie erfordern selbst kein Schmieren, indem das durch die Stopfbüchse der Kolbenstange in den Cylinder gelangende Oel hinreichend ist, um ihn feucht zu halten und die Reibung sehr gering zu machen. Der Grubendirector giebt an, daß ein solcher Kolben 4 Jahre lang ohne irgend eine Reparatur in Betriebe gewesen sei. Dagegen erfordert die Anfertigung und Zusammensetzung dieses Stückes, als des wichtigsten bei einer Maschine dieser Art, eine große Geschicklichkeit und Sorgfalt von Seiten des Maschinenbauers.

Die Figg. 154—158 zeigen die einzelnen Theile von der Excentrikstange und von den Hebeln, welche die Bewegung dem Vertheilungschieber mittheilen.

Die Stange Y, Fig. 154 u. 155, besteht aus zwei Stücken, welche durch eine Gliederung mit Dille

verbunden sind, so daß man sie verlängern oder verkürzen kann. Die Dille wird darauf durch eine Druckschraube festgestellt. Die Stange wird in ihrer Mitte von einer andern gefaßt, die zu einem Balancier mit Gegengewicht ausläuft, welche an dem Boden befestigt ist. Sie endigt in dem Einschnitte mit dem Griff L, Fig. 155 und 156. Dadurch erhält der Hebel S von dem Excentricum eine abwechselnde Bewegung, die er der horizontalen Welle Z und der Stange T mittelst des Hebels S' mittheilt, der auf derselben horizontalen Welle befestigt ist, wie Fig. 157 und 158 zeigt.

Die Stange Y verbindet sich auch noch mittelst zweier gegliederter Hebel β und γ mit der kleinen horizontalen Welle δ.

Die Figg. 157 u. 158 zeigen, wie die Stange T des Schiebers sich mit dem Hebel S verbindet. Diese Verbindung ist mittelst des Stückes ε bewirkt, die als Gabel über dem Bolzen ζ befestigt ist. Die Stange T tritt in eine Oeffnung in dem Stücke ε und ist in demselben durch die Druckschraube η befestigt. Der Bolzen ζ kann in der Rinne Θ in dem Hebel S laufen und sich folglich in zweckmäßiger Enfernung von der Drehungsachse feststellen.

Der Hebel S' ist mit der Welle Z durch eine Druckschraube verbunden.

Die Fig. 156 zeigt die Details von der Einrichtung des Hebels S und seiner Verbindung mit der Stange Y. Der Bolzen α kann in einer Rinne ι laufen und sich in derselben an dem gehörigen Puncte feststellen. Dieser Bolzen endigt an seinem einen Ende in einem Schraubengewinde, welches dazu dient, ihn mittelst einer Schraube an das Stück S zu befestigen. An seinem andern Ende ist ein kleines Stück Eisen angenietet, welches, da es parallel mit dem Hebel S läuft, die Stange Y leitet und

sie plötzlich auf den Griff α fallen läßt, wenn der Fuß von der Kurbel x der Fig. 154 weggenommen wird.

IV. Dampfmaschine mit oscillirenden Cylindern.

Um durch die Vermeidung aller mechanischen Complicationen oder Einrichtungen, durch welche die verticale Bewegung des Dampfkolbens so genau wie möglich hergestellt wird, die festen und beweglichen Theile einer Dampfmaschine so viel wie möglich zu vermindern und dieselbe also so compendiös und leicht, als nur immer möglich, zu machen, ist man auf den Gedanken gekommen, statt den Dampfcylinder auf einer Basis zu befestigen, denselben sich auf zwei Zapfen bewegen zu lassen, so daß er den Schwankungen der Kolbenstange, die dann zugleich als Kurbelstange dient, nachgeben kann. Die Mängel dieser Maschine bestehen in einer großen Abnutzung der beweglichen Theile (selbst auch, wenn die Maschine noch keine mittelmäßigen Dimensionen hat); höchst nachtheilige Erschütterungen der Kolbenstange des Dampfcylinders (wodurch die Festigkeit des Ganzen sehr leiden muß), und große Schwierigkeit, ein beträchtliches Entweichen des Dampfes zu verhindern. Man wird dieses besser beurtheilen können aus der folgenden kurzen Beschreibung, die bloß zum Zweck hat, von der Einrichtung der erwähnten Maschine einen Begriff zu geben.

A, A′, Fig. 112, Nr. 1 und 2, zwei Dampfcylinder, jeder in der Mitte seiner Länge (oder lieber ein Wenig über der Horizontallinie, welche durch den Schwerpunct der Cylinder läuft) mit zwei Zapfen B, B′ versehen. Diese Zapfen laufen in Lagern auf massiven Bögen, von denen jeder zwei schräg gerichtete oder einander stützende Säulen C, C′ verbindet.

Auf diesen Säulen ruhen die Wellenzapfenlager D, D', durch welchen die Bewegung anderen Maschinen mitgetheilt wird, und auf welchem das Schwungrad V (oder im Falle der Noth zwei gleiche Schwungräder) außerhalb der erwähnten Stützpuncte aufgezogen ist. Die Welle ist folglich an vier Puncten unterstützt und zwischen denselben abgebrochen und durch Kurbeln E, E' gekoppelt. Die Zapfen der zwei äußersten Kurbeln E, E' (im Seitenaufriß Fig. 112, Nr. 2 ist die Maschine nur zur Hälfte dargestellt und also nur eine Kurbel E' und ein Cylinder A in dieser Figur sichtbar; in der Fig. 112, Nr. 1 sind beide Kurbeln sichtbar, während der zweite Cylinder A' hinter dem ersten Cylinder A mehrerer Deutlichkeit halber durch Schraffirungen angegeben ist) sind mit den Dampfkolbenstangen F, F' verbunden, die zugleich als Kurbelstangen dienen. Die Richtungen ao und bo dieser beiden Kurbeln bilden miteinander einen Winkel von 90°, so daß die eine Kurbel ihren todten Punct erreicht hat, wenn die andere beinahe mit dem größten Hebelarm gezogen oder getrieben wird, was der leichten Umdrehung der Welle und der leichten Veränderung der Richtung der Bewegung des Dampfkolbens sehr förderlich ist. Die mittlere Kurbel G setzt die Luftpumpe H in Thätigkeit, indem diese Pumpe zwischen den beiden Cylindern auf dem Fußboden steht, während ihre Stange durch eine feste, runde Oeffnung geleitet und durch die Kurbelstange I emporgezogen werden kann, für welchen Zweck letztere mit einer Gabel versehen und auf diese Weise mit der ersten durch einen Bolzen verbunden ist, um welchen die Backenstücke der Gabel sich drehen können.

Die Zapfen B' des Cylinders, die nach der Luftpumpe gewendet sind, sind hohl und überdies noch durch eine ebene Mittelwand, welche durch die

Mitte ihrer Länge läuft, in zwei Canäle geschieden. Sie drehen sich in Büchsen K, K', die wiederum mit den doppelt gebogenen Röhren S und LM in Verbindung stehen. Durch die erste dieser Röhren kommt der Dampf aus dem Kessel, und die zweite leitet ihn ab aus den Cylindern in den Condensator N, welcher durch die horizontale Röhre O mit der Luftpumpe communicirt. Die Enden der hohlen Cylinderzapfen, welche durch die Röhren S, L, M laufen, sind mit sogenannten conischen Dampfhähnen mit vier Oeffnungen versehen, die nachher beschrieben werden sollen; von diesen Oeffnungen stehen zwei in Communication mit dem obern Canal des hohlen Cylinderzapfens, und die zwei anderen Oeffnungen communiciren mit dem untern Canale desselben Zapfens. Diese Canäle stehen ferner durch die Röhren P, Q in unmittelbarer Communication mit dem obern und untern Theile der Cylinder, und da die Oeffnungen im Dampfhahne so angebracht sind, daß sie während der Oscillation der Cylinder (sobald sie gleichfalls abwechselnd gedreht werden) wechselsweise vor die Oeffnungen der Röhren S und LM kommen müssen, so kann man sich auf diese Weise eine Vorstellung von der regelmäßigen Art des Zulassens und Ablassens des Dampfes machen.

Ohnerachtet aller dieser Mängel haben die schwingenden Dampfmaschinen doch immer mehr Eingang gefunden, und man wendet sie, ihrer Einfachheit wegen, von wenigen und von vielen Pferdekräften, bei'm Hüttenwesen und besonders auch auf Dampfböten an, wie wir in dem nun folgenden Kapitel näher sehen werden.

Siebentes Kapitel.

Von den Schiffsdampfmaschinen.

Wenn der Leser Alles, was bisher über die Einrichtung von Dampfmaschinen abgehandelt worden ist, aufmerksam durchgegangen hat (wenn er vielleicht mit der Einrichtung von den Maschinen in Fabriken wenig bekannt ist, oder auch niemals eine Dampfmaschine gesehen, oder in ihrer Thätigkeit aufmerksam beobachtet hat), so wird es ihm vielleicht nicht schwer fallen, sich einen Begriff zu machen von den verschiedenen Arten und Weisen, wie die Bewegung einer Dampfmaschine anderen Maschinen mitgetheilt werden muß, zumal da bereits einige solche Beispiele in den vorhergehenden Beschreibungen vorkommen.

Es wird jedoch nicht unzweckmäßig sein, hier einige besondere Eigenthümlichkeiten über die Einrichtung und die Kraft von Dampfmaschinen abzuhandeln, die zu verschiedenen Fabrikarbeiten benützt werden. Der Verfasser begreift die ganze Wichtigkeit seines Unternehmens; wollte er sich aber auch nur auf die wichtigsten Dampfmaschinen beschränken, welche jetzt in den verschiedenen Fabriken angewendet werden, so würde dennoch diese Abschweifung für ein eigentliches und nothwendiges Kapitel dieser Abhandlung über Dampfmaschinen zu groß werden. Denn da es bei der Beschreibung der genannten Dampfmaschinen sich nothwendig machen würde, die Fabrikmaschinen, welche von ersteren getrieben oder bewegt [illegible] beschreiben, so würde es zugleich [illegible]rden, die fabrikmäßige Bearbei[illegible]toffe besonders zu betrachten.

Der Verfasser hofft, in der Folge Gelegenheit zu finden, um die genannten Puncte gründlich entwickeln zu können; aber er kann den beschreibenden Theil dieser Schrift über die Dampfmaschinen nicht beenden, ohne noch eine Beschreibung der gewöhnlichen Einrichtung der Dampfmaschinen zur Fortbewegung der Fahrzeuge hinzuzufügen und ohne eine Idee von der Anwendung des Dampfes zum Transporte der Lasten auf sogenannten Eisenbahnen gegeben zu haben. Denn die Dampfmaschinen, welche für diese Zwecke benutzt werden, haben eine Form und eine Einrichtung, die nach der Oertlichkeit, sowie nach dem Zwecke modificirt ist und von der gewöhnlichen Form, wie von der gewöhnlichen Einrichtung abweicht.

I. Beschreibung der Einrichtung eines Dampfbootes, was die Oertlichkeit der mechanischen Theile anlangt; Art der Fortbewegung durch Ruder- oder Schaufelräder rc.

Meistens ist ein Dampfboot, welches nicht zugleich als Segelfahrzeug benutzt werden soll, ein Boot mit glattem Boden und verticalen Seitenwänden, einem scharfzulaufenden Vordertheil und einem runden Hintertheil. Die Einrichtung eines Dampfbootes oder Dampfschiffes ist natürlich verschieden, je nach dem Dienste, für welchen es bestimmt ist. Ebenso muß auch die Form des Bootes, gleich der jedes andern Fahrzeuges, anders bestimmt werden, wenn dasselbe bloß zur Ueberfahrt über Flüsse, oder zur Fahrt auf Canälen, Flüssen und Strömen, oder auch wohl, um damit in See zu gehen, benutzt werden soll. Ohne von der Kraft des Windes Gebrauch zu machen, ist es auf mehr als eine Weise möglich, ein Fahrzeug durch mechanische Mittel fortzutreiben; das beste Mittel ist jedoch dasjenige, sich eines Rades, oder mehr als eines Rades zu bedienen, welches an

seinem Kranze mit breiten Schaufeln versehen ist, die durch die Umdrehung des Rades, oder der Räder in einer horizontalen Richtung gegen das Wasser geschlagen werden und auf diese Weise durch den Widerstand dieses beweglichen Stützpunctes das Fahrzeug fortbewegen. Mittelst solcher Räder, welche mit dem Fahrzeuge in Verbindung stehen, wird dasselbe, so zu sagen, über die Wasseroberfläche fortbewegt, wie man etwa ein Fahrzeug auf dem Wasser fortschiebt, wenn man mit gewöhnlichen Rudern arbeitet. Die Wirkung der genannten Räder ist gar nicht verschieden von derjenigen der Ruder; man kann dieselben eigentlich mit kreisförmig sich bewegenden Rudern vergleichen und dieselben deßhalb auch sehr gut Ruderräder nennen. Schaufelräder kann man sie auch nennen. — Neuerlich hat man auch, wie wir weiter unten näher nachweisen werden, die archimedische Schraube zur Fortbewegung der Schiffe angewendet.

Dergleichen Schaufelräder können nun an verschiedenen Stellen an der Maschine angebracht werden, um dieselbe fortzutreiben. Man kann nämlich die Welle dieses Rades, oder die gemeinschaftliche Welle von zwei solchen Rädern, sich in zwei oder mehr Lagern drehen lassen, die in einem Gerüste liegen, welches mit dem Vordertheile des Fahrzeuges verbunden ist. Wird alsdann die horizontale Welle dieser Räder durch Dampfkraft in Umdrehung versetzt, so werden die Räder den verlangten Effect leisten und das Boot oder das Fahrzeug, so zu sagen, fortschleppen. Man kann auch dieselben Räder am Hintertheile in der Nähe des Steuerruders mit dem Fahrzeuge verbinden, und dasselbe wird auch auf diese Weise fortbewegt. Beide Arten haben unter gewissen Umständen ihre Vortheile, aber sie verursachen viel Unbequemlichkeit in der Steuerung des

Fahrzeuges und in der Anbringung der verschiedenen Maschinentheile. Es vermehrt auch ein Ruderrad am Vordertheile den Widerstand des Wassers, welches der Schiffsbug zerschneiden muß, und seine Wirkung ist auch sehr behindert, während dagegen ein Rad am Hintertheile nicht so frei arbeiten und mit seinen Schaufeln ohne Vergrößerung des Durchmessers nicht tief genug in's Wasser eingreifen, oder nicht genug Wasser fassen kann.

Ein Ruderrad in einer verschlossenen Kammer, in der Mitte des Schiffes angebracht, ist auch in seiner Wirkung behindert, nimmt einen zu großen Raum ein und kann nicht immer unter allen Dimensionen bestehen. Es ist endlich in den meisten Fällen das Vortheilhafteste, auf jeder Seite des Fahrzeuges und zwar ungefähr in $\frac{5}{14}$ oder $\frac{3}{7}$ seiner Länge, vom Vordertheile an gerechnet, ein Schaufelrad anzubringen, wiewohl das Fahrzeug alsdann ein breiteres Fahrwasser erheischt. Auf diese Weise wird es alsdann eher fortgeschleppt, als fortgeschoben, und sind die Räder auf diese Weise angebracht, so erfahren sie die wenigste Behinderung oder Gegenwirkung, und können unter allen Dimensionen bestehen.

Beide Schaufelräder sitzen an derselben Welle, welche quer durch das Schiff läuft und auf 4, 6 oder 8 Puncten unterstützt wird, wie gleich näher angegeben werden soll.

Ein Dampfboot, welches auf einem Flusse zur Ueberfahrt benutzt werden soll, wird manchmal mit doppeltem Boden gebaut, so daß zwischen beiden Böden die Schaufelräder arbeiten. Diese Einrichtung gewährt allein den Vortheil eines breiten Verdecks. An den Enden der Radwelle sitzen Kurbeln, auf welche die Kurbelstangen zweier gewöhnlichen Dampfmaschinen einwirken, um die Räder in Umdrehung zu bringen. Man hat diese Umdrehung

auch wohl durch eine Dampfmaschine von gewöhnlicher Form bewerkstelligt, die auf dem Verdeck steht, um den Schiffsraum nicht zu verengern. Meistentheils befinden sich aber die Dampfmaschinen sammt dem Kessel unter den Verdecken im Schiffsraum, was für die Erhaltung der Maschinerie und für die Festigkeit des Fahrzeuges auch beinahe nothwendig ist.

Bei kleinen Dampfbooten oder bei solchen, die keine unruhigen Gewässer zu befahren haben, findet man häufig die Dampfmaschine in der Mitte des Fahrzeuges angebracht. Die Welle der Schaufelräder hat in der Mitte eine Kröpfung, und die Kurbelstange der Maschine wirkt auf einen doppelten Krummzapfen. Die Form der Dampfmaschine ist, oder kann dieselbe sein, wie sie nachher beschrieben werden soll. Die Kurbelstange wirkt von Unten nach Oben; es ist jedoch kein Schwungrad vorhanden, was man auch bei einem Dampfschiff, aus den im ersten Kapitel angegebenen Gründen, gar nicht gebrauchen kann. Außer an den beiden Seiten des Schiffes wird auch die Welle der Ruderräder noch unterstützt durch zwei Lager in einem eisernem Gerüst, in welchem die Maschine steht, und meistentheils sind auch auswendig am Fahrzeuge noch zwei Unterstützungspuncte angebracht, so daß die Unterstützung dann an 4 oder 6 Puncten Statt findet.

Auf Booten oder Fahrzeugen von mäßiger Größe, die schon zu ihrer Fortbewegung z. B. 30 und mehr Pferdekräfte in Anspruch nehmen, bringt man vorzugsweise zwei gleiche und ähnliche Dampfmaschinen zu beiden Seiten an, so daß in der Mitte ein freier Durchgang offen bleibt. Die Maschinen wirken mit einer Kurbel auf die Welle der Schaufelräder, und diese Welle wird dann an 6 oder 8 Puncten unterstützt. Stellt man auf einem Fahr-

zeuge zwei Dampfmaschinen neben einander (von welcher Form und Art sie auch sein mögen) so verleiht man denselben dadurch nicht allein viel Festigkeit, sondern es kann auch die Umdrehung der Räder viel regelmäßiger und mit weniger Kraftverlust Statt finden, als wenn nur eine Dampfmaschine aufgestellt ist, weil beide Kurbeln mit einander einen Winkel von 90° machen und die Kurbeln deßhalb nicht zu gleicher Zeit in ihre todten Puncte eintreten. Man kann auch aus diesem Grunde dem Fahrzeug eine verhältnißmäßig größere Geschwindigkeit mittheilen, als wenn dasselbe nur eine Dampfmaschine enthält.

Sehr selten hat man auf einem Fahrzeuge drei Dampfmaschinen nöthig, welche alsdann in den Winkeln eines gleichschenkeligen, oder eines gleichseitigen Dreieckes stehen müssen, während die Richtungen der Kurbeln Winkel von 120° mit einander bilden.

Wenn ein Dampfboot bloß dazu benutzt werden soll, beladene Schiffe zu bugsiren, so wird der Schiffsraum derselben beinahe ganz eingenommen von den Maschinen, den Kesseln und dem Brennmaterial. Dient es zum Transport von Waaren und Passagieren, so sind die Räume auf dem Vorder- und Hintertheile für diese eingerichtet und bestimmt, während dann die Maschinerie in der Mitte des Schiffsraumes, ja sogar meistentheils nach dem Vordertheile hin angebracht ist. Die Ruderräder müssen natürlich immer bedeckt, oder mit einem sogenannten Gehäuse umgeben sein, und von diesen Gehäusen sind außerhalb des einen und des andern Bords, sowohl von Vorn, als von Hinten, Gallerien angebracht zur Aufnahme von Waaren und noch anderer Benutzung, die sich, je nach dem Hauptzwecke des Fahrzeuges, mehr oder weniger weit nach

Vorn und Hinten erstrecken. Sie bestehen zum Theil aus der Verbindung der Ruderrädergehäuse, besonders wenn die Wellen der Räder sich auch in Lagern drehen sollen, die außer Bord getragen werden; denn zur Unterstützung dieser Lager sind alsdann Balken oder schwere Theile erforderlich, die von Unten gestützt und auf der Seite mit den Schiffswänden vereinigt werden müssen u. s. w.

Diese Einleitung soll nun durch folgende Beschreibungen erläutert werden, wobei jedoch hauptsächlich auf die mechanische Zusammensetzung, d. h. auf dasjenige, was die Dampfmaschinen und die Ruderräder anlangt, Rücksicht genommen werden wird; denn Beschreibungen, die in's Fach der Schiffsbaukunst einschlagen, sowie auch die übrige Einrichtung, gehören nicht zu dem Gegenstande, welcher hier abgehandelt werden soll.

Fig. 161 giebt einen Grundriß des mittlern Theiles eines gewöhnlichen Dampfbootes zum Transport von Gütern und Passagieren; das Verdeck ist hier als abgenommen dargestellt.

AA, **AA** die beiden Borde, welche über den größten Theil der Länge des Bootes parallel laufen; **B** Schiffsraum im Hintertheile; **C** Schiffsraum im Vordertheile. Zwischen diesen beiden Räumen (die zur Aufnahme von Waaren, oder für Passagiere und deren Bequemlichkeit eingerichtet sind) befindet sich der Schiffsraum für den Kessel, oder für die Kessel und die Maschinerie. Diese Räume sind durch senkrechte Querwände **ab**, **cd** abgeschieden; auf derjenigen Seite, wo der Kessel **HH** steht, befindet sich jedoch zur Abwehrung der Wärme, die vom Kessel ausgegeben wird, eine doppelte Wand **cd**, **c'd'**, so daß ein Zwischenraum **D** von wenigstens 6 oder 7 Palmen Breite entsteht, welcher ebenfalls zur Auf=

nahme von Waaren oder dergleichen benutzt werden kann.

E* Grundriß eines halbcylindrischen Gehäuses über dem Ruderrad am Steuerbord. Am Backbord (an der linken Seite des Schiffes) ist das Gehäuse abgenommen, so daß man die Seite des Ruderrades F aufgedeckt und im Grundrisse dargestellt sieht. An den Gehäusen der Ruderräder sind in schräger Richtung Stufen e, f angebracht, um auf die Gehäuse gelangen und die Hauben derselben öffnen zu können, wenn es sich nöthig macht, die Ruderräder zu untersuchen, oder die Schaufeln zu verschieben und dergl. Für diesen Zweck kann man die obersten Planken dieser Gehäuse, welche durch Scharnierbänder mit einander verbunden sind, öffnen, oder, wenn sie niedergelassen sind, mit Wirbeln verschließen, wie in der Figur zur Genüge angegeben ist.

G, G Gallerien, welche von den Ruderrädergehäusen gegen den Bord, oder selbst gegen den Vorder- und Hintertheil des Schiffes hin immer schmäler werden. Diese Gallerien liegen etwas tiefer, als das Verdeck dieses Schiffes und ungefähr in der Höhe der Ruderräderwelle; man benutzt sie zum Ein- und Aussteigen aus dem Fahrzeuge, zur Aufnahme von Waaren und dergl. m. Von den kleinen Räumen oder Zimmern, die man meistentheils an der Vorder- und Hinterseite der Ruderrädergehäuse findet, und die zu Schiffsküchen und dergl. eingerichtet sind, braucht hier nichts Besonderes erwähnt zu werden.

HH Grundriß des Dampfkessels mit den Kanten der Winkelbänder des Bodens auf die durchlaufenden hölzernen Grundschwellen 1, 2, 3, 4, 5 u. s. w. gestellt, die einen Theil des ausgezimmerten und gedielten Bodens des Fahrzeuges bilden und auch besonders zum Fundamente für die Dampfmaschinen

dienen. Diese Lagerschwellen sind zum Theil entblößt und übrigens durch punctirte Linien angegeben. Der Kessel steht ganz frei und läßt um sich einen Raum 6, 7, 1, 2, 3, 4, 5, 8, 9 bis an die Borde und bis an den Verschlag c d. Auf dem Kessel befinden sich (wie in §. III. umständlicher erklärt werden soll) die Schornsteinröhre S; die Sicherheitsventile V, von denen eines geschlossen ist, während der Maschinist oder Heizer mittelst eines Hebels g h i, welcher sich in h dreht, das andere steuern kann. k ist ein Röhrchen, welches aus dem Boden der Büchse des verschlossenen Sicherheitsventiles außer Bord läuft und das Wasser ableitet, welches sich durch die Verdichtung des ausgeblasenen oder ausgetriebenen Dampfes auf dem genannten Boden ansammelt (die besondere Einrichtung der Büchsen der Sicherheitsventile macht ein solches Röhrchen häufig unnöthig, wie auch an vielen Sicherheitsapparaten auf Kesseln von Dampfmaschinen, die den Ort nicht verändern); eine aufsteigende Büchse M dient zum Eingang und enthält zugleich auch die Mündung des Dampfrohres in dem Kessel. K, K zwei Evacuationshähne, hinten oder zur Seite am Boden des Kessels angebracht. L das Dampfrohr aus der Vorderwand des Kessels, nach den zwei Dampfmaschinen laufend, zu welchem Ende es mit zwei niedersteigenden Röhren R, R verbunden ist, die nach den Cylindern der Maschine geleitet werden. Meistentheils hat die Dampfröhre L ein Ventil mittelst der Schraube und des Schlüssels m mit der Hand zu steuern. Manchmal sind auch zwei Dampfröhren vorhanden. Weitläuftiger darüber wird in §. III. gehandelt.

Vor dem Kessel sind an den beiden Bordseiten zwei rechtwinkelig emporsteigende Kammern aus Eisenplatten K, K angebracht, um eine gewisse Quantität Kohlen aufnehmen zu können. Diese Kohlen-

kammern erstrecken sich vom Fußboden bis an die Decke; sie haben oben eine runde Oeffnung, welche mit einer eisernen Schlußscheibe KK auf dem Verdeck des Schiffes verschlossen ist. Um diese Kammern zu füllen, werden diese Scheiben mit einem besondern Schlüssel umgedreht und aus ihren Oeffnungen gehoben, in welchen sie mit Riegeln festschließen. Die Kohlen können alsdann durch diese Oeffnungen in die Kammern gebracht werden. Auf dem Fußboden hat jede Kammer noch eine rechtwinkelige Oeffnung in den verticalen, dem Dampfrohre L gegenüberliegenden Wänden. Mit gewöhnlichen Schieberventilen, die in Falzen laufen, können diese Oeffnungen geschlossen und von Zeit zu Zeit wieder geöffnet werden, um im letzten Fall eine gewisse Quantität Kohlen auf dem eisernen Fußboden vor dem Kessel anzuhäufen.

I A′ B′ C′ Grundrisse von zwei Dampfmaschinen, in einiger Entfernung von den beiden Bords angebracht. Die Einrichtung dieser Dampfmaschinen wird noch beschrieben; jetzt soll nur das eine und das andere über die Stellung derselben angegeben werden.

II Grundriß der Dampfcylinder, verbunden mit den Dampfröhren R, R, die mit einer Krümmung sich aufwärts wenden und dann mit einem horizontalen Arm an die Dampfröhre L anschließen; sie haben meistens nahe am Cylinder ein Drosselventil l, welches mittelst der Hand gesteuert wird. A′ Stellung der Dampfbüchsen oder Dampfkammern; B Warmwassercisternen, die oben über den Condensatoren stehen, und aus welchen das überflüssige Speisewasser mittelst der Röhren E′ außer Bord läuft; im Nothfalle können diese Röhren, wie auch in der Figur angegeben ist, mit Hähnen versehen sein, damit man sie schließen könne.

C′, C′ die Luftpumpen.

Alle diese Stücke stehen auf einem eisernen Boden, welcher zwischen den beiden Grundschwellen 1, 2 und 4, 5 liegt, die sich an beiden Bordseiten befinden, und deren Abstand folglich nach den Dimensionen der Maschinen geregelt wird.

Auf denselben Böden stehen zwei eiserne Gestelle N, O, welche sich vom Cylinder bis jenseits der Ruderräder erstrecken; sie sind von Oben sowohl mit den Schiffsseiten, als auch unter einander verbunden durch die Stangen 12, 13; 14, 15; 16, 17. Außer einigen Stützpuncten für andere bewegliche Theile tragen sie die Stühle P, Q, in deren metallenen Lagern die Welle ZZ der Ruderräder ruht und sich dreht.

Rund um die Maschinen sind stehende eiserne Wände G′, G′, G′, G′, angebracht (in der Figur mit einem doppelten Umrisse bezeichnet), damit man längs der Maschinen und längs der beweglichen Theile ohne Hinderniß oder Gefahr gehen könne. Diese Wände geben den Maschinen das Ansehen, als ob sie in Kästen ständen. Außerhalb dieser Wände ist der Boden ganz und gar mit ebenen oder gerippten eisernen Platten F′, F′, F′ belegt. In der Figur ist diese Belegung des Bodens nur zur Hälfte dargestellt, um desto besser die Stellung mancher Theile und die Einrichtung der Grundschwellen 1, 2 3 angeben können.

Eine Kaltwasserpumpe ist nicht vorhanden, weil das Wasser außer Bord immer höher steht, oder stehen muß, als die Höhe des Condensators. Dieses äußere Wasser kann nun durch die außer Bord laufende Röhre H′ I′ H′ (die meistentheils hinter den Maschinen unter dem Fußboden liegt) in die Condensatoren eingespritzt werden, denn von der genannten Röhre gehen zwei Arme, 11, 11, längs der Luftpumpen nach den Condensatoren, für welche sie mit

Injectionshähnen versehen sind. Aus der genannten Röhre geht noch ein Arm 10 nach einer Handwasserpumpe D' hinter den Maschinen, mit welcher man den Kessel bis zur nöthigen Höhe füllen kann. Außerdem läuft von der genannten Pumpe eine Röhre tuvwxx aufwärts nach dem Kessel und innerhalb desselben bis beinahe auf den Boden. Bei xx muß diese Röhre einen Hahn haben. Manchmal ist hinter jeder Maschine eine solche Handpumpe angebracht.

Die Speisepumpen, welche gewöhnlich an der Seite der Luftpumpe stehen und in der Figur nicht angegeben werden konnten, pumpen das Speisewasser aus den Warmwassercisternen B' hinauf in die Röhre no, welche über die Maschinen läuft, und so weiter durch eine Röhre opqrs (längs der Kesselhaube nach dem Schornsteine laufend) in den Raum eines geschlossenen Mantels, der bis zu einer gewissen Höhe die Schornsteinröhre umgiebt. Aus diesem Mantel wird das Wasser weiter (durch die Speisepumpen selbst) mittelst der niedersteigenden Röhre yz in den Kessel gepumpt; letztere Röhre yz läuft in den Kessel bis nahe an den Boden desselben.

Die Welle ZZ ist zwischen den Stühlen P, Q gekröpft; an ihren Enden zwischen den genannten Stühlen trägt sie zwei Kurbeln L', M', deren Zapfen in den Pfannen (vergl. hierüber weiter unten) der Treibstangen N' liegen und auch durch diese Treibstangen vereinigt sind; die Richtungen der beiden Kurbelsätze machen mit einander einen Winkel von 90°, so daß (wie auch in der Figur angegeben ist), wenn z. B. die Kurbeln an der Backbordseite horizontal gerichtet sind, die Kurbeln der Maschine an der Steuerbordseite nach Oben oder nach Unten vertical gerichtet sind. Die Kurbelstangen wirken mit Querhäuptern und niedersteigenden Stangen auf zwei Balanciers, welche sich am Boden der Maschine auf

jeder Seite derselben um feste Zapfen drehen und zwar innerhalb der stehenden Wände G', G', G'. Die Bewegung derselben wird auf die Kurbeln L', M' mittelst nach Oben wirkender Kurbelstangen übergetragen, wie auch andere arbeitende Theile ihre Bewegung von derjenigen der Balanciers empfangen. In der Figur sind die Querhäupter der Kolbenstangen, die Balanciers u. s. w. nicht angegeben, um Undeutlichkeiten zu verhindern; bei der Beschreibung der einzelnen Stücke der Maschine werden sie natürlich näher angegeben.

Die Bewegung der Schieberventile oder Dampfventile ꝛc. wird von der Welle ZZ der Ruderräder mittelst gewöhnlicher excentrischen Scheiben abgeleitet, welche um die Hälse 18 und 19, die für diesen Zweck am Mittelstücke der Welle Z ausgedreht sind, gelegt und aufgezogen werden.

Die Ruderradwelle besteht meistentheils aus 5 Stücken, wenn zwei Maschinen im Boot aufgestellt sind, nämlich aus einem Mittelstück, aus zwei Endstücken, um welche die Naben der Ruderräder liegen, und aus zwei Zwischenstücken, mit welchen die Endstücken an das Mittelstück gekoppelt sind, wie in §. II. angegeben werden soll. Diese Zwischenstücke ruhen in den Lagern Q und T, welche letztere durch kurze, schwere Gestelle unterstützt werden, die in den Schiffsseiten des Fahrzeuges befestigt sind. Die äußern Enden der Welle ZZ drehen sich meistentheils auch noch in den Lagern U, welche außer Bord durch Balken oder Theile W, W unterstützt werden, die unter den Gallerien G, G bis an den einen und den andern Schiffsbord laufen und von Unten durch viele Stützen und auch Stangen gegen den Schiffsboden gestützt oder getragen werden. Die genannten Theile W, W sind auch noch bei XX oder an noch mehreren Stellen mit dem einen und dem

andern Bord durch Querriegel X, X vereinigt, so daß die Ruderräder, so zu sagen, umgeben sind von Rahmen X, Y, Y, X, W, W, auf welchen die Ruderradkammern getragen werden u. s. w.

II. Beschreibung der gewöhnlichen Einrichtung der Ruderräder u. s. w.

Die Ruderräder der Dampffahrzeuge bestehen meistentheils aus einer Verbindung von zwei eisernen Rädern, deren Naben auf dem Wellbaume sitzen, während die Ruder von dünnen, eisernen Speichen getragen werden, welche an die Nabe geschlossen und noch ferner durch eine Art von Radkranz mit einander verbunden sind.

Fig. 162, Nr. 1 ist der Aufriß eines Ruderrades von Vorn gesehen; Fig. 162, Nr. 2 ist eine Seitenansicht, sowie die Räder mit den Endstücken der Achse an der Außenseite des Schiffes liegen. Größerer Deutlichkeit halber ist das Rad nur mit zwei Rudern dargestellt; in Fig. 161 bei **a'a'Fa'a'** sieht man das Rad im Grundriß.

AA Welle des Ruderrades aus geschmiedetem Eisen; sie wird außerhalb des Bordes **GG** von metallenen Lagern getragen, welche in den eisernen Stühlen **H, I** liegen. Der eine dieser Stühle ruht auf einem kurzen Gestell **H**, welches fest in der Schiffswand sitzt, während der äußere Stuhl **I** auf einem Balken **W** sitzt, der unter den Gallerien fortläuft und außer der Spur der Räder fest gegen die Schiffswand entweder über oder unter der Wasserlinie **XY** gestützt ist. Um diese Theile liegen auch die äußern Wände der Ruderradgehäuse, welche in der Figur bei **GKLM** im Durchschnitte dargestellt sind.

B, B sind zwei gegossene eiserne Naben (verstärkt durch Rippen oder Federn **a, b**), durch welche

die Welle AA läuft; sie sind mit drei Krampen oder Klauen auf der Welle A befestigt, für welchen Zweck die Welle an den zwei Puncten, wo die Naben befestigt werden sollen, dicker und mit drei durchlaufenden Falzen versehen ist, um die Krampen oder Klauen aufzunehmen, die dann eingekeilt werden. Diese Befestigung kann jedoch auch auf andere Weise geschehen. Am Umfange dieser Naben sind eben so viele gegen den Mittelpunct laufende Einschnitte angebracht, als Ruder in den Umfang des Rades kommen sollen; in diese Einschnitte werden mit zwei Schraubenbolzen eben so viele platte eiserne Speichen C, C, C festgeschlossen, und die Enden dieser Speichen mit eisernen Bögen D, E, F verbunden, die wechselsweise über und unter die Speichen zu liegen kommen, welche aber, zusammengenommen, gewissermaßen eine Felge oder einen Kranz ausmachen, durch welchen die Enden aller platten Speichen zusammengehalten werden.

An je zwei Speichen wird ein Ruder a' a' a' befestigt, und diese Ruder liegen innerhalb des Kranzes DEFED.

Manchmal wird der Kranz auch so gelegt, wie durch die punctirten Kreise mnop angegeben ist; die Ruder liegen alsdann außerhalb des Kranzes, leiden aber mehr durch den Schlag gegen das Wasser, als wenn sie innerhalb des Kranzes liegen. Für eine starke Zusammenfügung der Speichen großer Räder ist es besser, dieselben mit zwei Kränzen zu versehen, nämlich mit inneren und mit äußeren Kränzen, und diese oder die beiden Räder durch Speichen, im Nothfall mit Diagonalstangen, ferner noch zu verbinden.

Die Art und Weise, wie die Ruder an den Speichen befestigt werden, ist meistentheils folgende: Es sei C Fig. 163, Nr. 1 der Querdurchschnitt einer

Speiche; um dieselbe werden gelegt zwei Arten kupferner Bügel oder Bänder c, d, c; eine flache Schraubenmutter ii wird bis an die Ausbreitung dieser Bänder angeschraubt; die Hälse e gehen nun durch gebohrte Oeffnungen der aus Eichenholz verfertigten Ruder a', a', so daß die Ruder auf den flachen Muttern i, i aufsitzen; über die zwei Hälse der zwei Bänder, die um jede Speiche gelegt sind, geht nun ein flaches, eisernes Band b, welches durch die Muttern g festgehalten wird, die zum Ueberflusse noch durch Vorstecknägel f verwahrt sind, welche durch die Köpfe der Hälse e getrieben werden.

Diese Verbindungsart ist zwar stark, jedoch erreicht man leichter den Zweck, wenn, wie in Fig. 163 Nr. 2, die Bänder o, c, d oben platt sind (so daß dann die Schraubenmuttern i, i Fig. 163, Nr. 1 unnöthig werden), ferner auch nicht geschlossen, sondern offen sind, so daß die Enden d dann nur an den Speichen ein Wenig angeheftet zu werden brauchen.

Durch jedes Ruder dringen natürlich 4 Hälse von eben so vielen Bändern, und wenn diese Bänder mit sehr geringer Klemmung um die Speichen gelegt werden können, so geben sie, selbst ohne den Zutritt des Rostes, eine so feste Verbindung, daß die Ruder an ihrer Stelle bleiben und man gleichwohl nicht gehindert ist, sie, wenn es sich nöthig macht, mehr nach Vorn oder nach Hinten zu schieben. Wenn die Ruder so weit wie möglich vorwärts geschoben werden müssen, so wird man hieran durch den Kranz der Räder nicht gehindert, weil die Ruder an der Stelle, wo sie an den Kranz stoßen könnten, ausgeschnitten sind, wie bei näherer Besichtigung der Figuren 164 und 165 bemerklich werden wird.

Wenn die Ruder eines Rades eine sehr ansehnliche Breite haben müssen (z. B. eine Breite von 3

Ellen und mehr), so läßt man sie an drei Stellen auf Speichen ruhen; für die größte Breite von Rudern kann man auch zwei Räder von der halben Breite nahe an einander auf die Achse ziehen, so daß die Ruder des einen Rades nicht gleichzeitig mit denen des andern eingreifen, sondern zwischen zwei Rudern des einen Rades immer eine des anderen Rades in Wirkung tritt.

Durch das Werfen des Holzes, welches dem Einflusse der Witterung gänzlich ausgesetzt ist, ereignet es sich nicht selten, daß die Lager, in welchen die große Welle der Ruderräder liegt, in einer horizontalen, oder verticalen Richtung, oder in diesen beiden Richtungen zugleich, verrückt werden. Die vollkommen geradlinige Richtung der Achse muß hierdurch verändert, und durch diese Veränderung muß sie gebogen werden, wodurch während der Bewegung eine Torsion derselben, oder irgend eines Theiles, mit welchem sie verbunden ist, entstehen und aus dieser Torsion wirkliches Zerbrechen nachfolgen kann. Dieses ist besonders der Fall mit den Lagern **I, I,** welche auf die über dem Wasser liegenden Theile **W** der Ruderradgehäuse gesetzt sind. Und obschon der Nachtheil, welcher aus dieser Veränderung der mathematischen Achse der Welle entsteht, schon vermindert wird durch den Umstand, daß die Welle aus vier oder aus mehr Stücken zusammengesetzt ist, so kann derselbe doch sehr häufig größtentheils dadurch beseitigt werden, daß man die Endstücken der Ruderräderwelle ganz wegfallen läßt, so daß die Welle außerhalb der Schiffswand nur einen einzigen Unterstützungspunct **H** Fig. 164 besitzt. Die Ruder **a', a'** werden dann, wie gewöhnlich, an den beiden Enden von Speichen getragen, aber diese werden mit derselben Nabe **BB** verbunden, und der zweite Satz von Speichen muß deßhalb in schrägen Richtungen

klm von der Nabe nach den Rudern laufen. Der Kranz DEFFED, zwischen dessen Bögen die knieförmigen Enden D, m der schrägen Speichen festgeschlossen sind, bleibt hier auf dieselbe Weise vorhanden; aber um das Beugen der schrägen Speichen zu verhindern, und um den unveränderlichen Schluß der Räder an den freien Enden der Welle A herzustellen, werden viele Streben in der Richtung pom und Querverbindungen nlo erforderlich, wodurch die Schwere der Räder, deren Naben dann auch breiter ausfallen müssen, viel größer wird, als bei der gewöhnlichen oben beschriebenen Einrichtung. Durch die einfachere Zusammensetzung der Welle und der äußern Zimmerung kann dieser letzte Fehler in kleinen Fahrzeugen gleichwohl reichlich ersetzt werden.

Aus dem bereits Mitgetheilten wird man sich nun eine klare Idee von der gewöhnlichsten Einrichtung der Ruderräder der Dampfboote machen können, denn es ist hier unnöthig, in die Einzelnheiten solcher anderen Einrichtungen dieser Räder einzugehen, wodurch deren Ruder beständig in einer verticalen Richtung durch's Wasser bewegt werden, damit der Widerstand dieser Ruder im Wasser (wodurch eben dem Fahrzeuge die Bewegung mitgetheilt wird) so groß wie möglich sein könne. Es ist eine ausgemachte Sache, daß man, diesen Gegenstand als mechanisches Problem betrachtet, noch keinen nützlichen Gebrauch von den vielen und in der That trefflichen Auflösungen hat machen können, die bis jetzt angegeben worden sind.

Es muß indessen noch angegeben werden, wie die Welle der Ruderräder meistentheils aus vielen Stücken, z. B. aus 5 Stücken, zusammengesetzt wird. Für diesen Zweck giebt Fig. 165 einen einfachen Querdurchschnitt eines gewöhnlichen Dampfbootes mit plattem Boden. Es ist dieser Durchschnitt genommen

mitten durch die Welle der Räder und nur von der Steuerbordseite bis reichlich über's halbe Verdeck.

RSTU Durchschnitt des Bords und Bodens. 1, 2, 3, 4 Durchschnitt der Grundschwellen, auf welchen die Maschinen und die eisernen Stühle **N**, **O** für die Welle der Ruderräder gestellt sind. u, u, u Durchschnitte der eisernen senkrechten Wände, welche um den Boden der Maschinen laufen und innerhalb welcher die Balanciers sich drehen; außerhalb dieser Wände können Gestelle angebracht sein, auf welchen die Platten v, v des eisernen Fußbodens ruhen.

qtt kupferne Röhre, welche unter dem Fußboden liegt und bei q durch die Schiffswand läuft; das äußere Wasser kann also in diese Röhre dringen und durch die Röhren r und s in die Handpumpe und in die Condensatoren geleitet werden. Die Anbringung dieser Röhre kann jedoch anders sein, als in der Figur angegeben ist. In Fig. 161 ist diese Röhre und die Röhren r und s bezeichnet mit **H'I'H'**, 10, 11.

YY das Verdeck; **xyz** ein Theil des Durchschnittes des Ruderradgehäuses; **V** Ruder, mit vier Bändern p an den Speichen o, i befestigt, die an den Naben **klm** und **hmgf** sitzen. Die schraffirten Theile der Durchschnitte dieser Naben geben deren Dicke an verschiedenen Puncten an, während m, m die Kanten der Rippen sind, welche in Fig. 162 mit **ab** bezeichnet werden.

Die Welle **ABCDE** u. s. w., an deren Enden die Naben der Ruderräder sitzen, besteht hier aus 5 Stücken. **LMPQM** das Mittelstück, welches bei **P** und **Q** ausgedrehte Hälse hat, in welchen die Excentrica sitzen (man vergl. auch die mit 18 und 19 in Fig. 161 bezeichneten Puncte) und welches bei **M** in metallenen Lagern ruht, die in den Stühlen **D** auf den eisernen Gestellen **O** liegen. Die beiden

Enden dieses Stückes tragen die Kurbeln K, deren Warzen I von den Lagern der Kurbelstangen umgeben werden. Die Zwischenstücke D, E, F, G ruhen bei E und F in metallenen Lagern, und diese sitzen in den Stühlen b, c, die auf einem äußern Gestell X und auf den eisernen Gestellen N (den vorhergehenden O ähnlich, neben welchen sie stehen) befestigt sind. An den inneren Enden dieser Zwischenstücke sind die platten Verkröpfungen G, H geschmiedet, deren Zapfen mit der Verlängerung der Zapfen I der Verkröpfung K durch doppelte metallene Bänder vereinigt werden, wie in §. IV. näher angegeben werden soll. Die Endstücken A, B, C ruhen bei A in metallenen Lagern; letztere liegen in den Stühlen a, die auf den äußern Gestellen W der Ruderradgehäuse und der Gallerien befestigt sind; bei C liegen die Endstücken mit einem Zapfen in entsprechenden Büchsen der Enden D der Zwischenstücke, und die unveränderliche Kuppelung am Puncte C wird ferner bewerkstelligt durch die Stücke e, e, welche fest um die Hälse D der Zwischenstücke liegen und mit vier oder mehr Klauen f, f versehen sind, die in entsprechende Vertiefungen der Naben hmg, gmh eingreifen; die Naben werden also von den Stücken e, e getragen, während sie dagegen die Enden C der Endstücke A, B, C festhalten. Aus der Figur kann man entnehmen, daß die Welle ABC bei A weniger Dicke hat, als bei C, besonders deßwegen, um die Welle unbehindert durch die Naben k, l, m, m, l, k bringen zu können. Da die Welle innerhalb der Schiffswand zu wenig vom Verdeck entfernt ist, als daß die Verkröpfung GHIK sich unbehindert unter diesem Verdeck drehen könnte, so ist letzteres über den Verkröpfungen Z so weit geöffnet, als für das Umdrehen der Krummzapfen nöthig ist, und es werden diese Oeffnungen nachher mit einem leichten Deckel

oder mit einem hölzernen, ebenen oder dachförmigen durchbrochenen Rahmen ww verschlossen. — Auf die Beschreibung der Schrauben zum Treiben der Dampfschiffe kommen wir weiter unten im §. V. zurück.

III. Beschreibung der Einrichtung der Dampfbootkessel u. s. w.

Die Verschiedenheit in der Form der Dampfbootkessel und solcher, die man bei den stehenden Maschinen anwendet, entspringt hauptsächlich aus dem Orte, durch welchen die Stellung eines Dampfkessels in einem Fahrzeug bestimmt wird, und auch aus dem Umstande, daß diese Kessel (wenigstens nicht ohne Unbequemlichkeit) in keinem gemauerten Ofen festgestellt werden können, sondern daß der Feuerheerd und die Feuerzüge sich im Kessel selbst befinden müssen. Letzteres muß indessen nicht als absolut oder unvermeidlich nothwendig betrachtet werden; denn diese Einrichtung ist ganz zweckmäßig und auch, wie wir schon sahen, ebenso gut bei Kesseln von feststehenden Dampfmaschinen anwendbar, wie in der dritten Abtheilung noch näher auseinandergesetzt werden soll. Die Dampfbootkessel können übrigens von Gestalt platt, oder kastenförmig, oder cylindrisch sein, oder es kann auch die äußere Gestalt derselben den Kesseln ähnlich sein, die bei den stehenden Maschinen gebräuchlich sind.

Es sollen hier einige der Hauptformen angegeben werden.

Die gewöhnliche Form eines einzelnen Dampfkessels von niederem Druck mit zwei Feuerheerden (der zwei Dampfmaschinen, jede von 20 bis ungefähr 40 Pferdekräften, speisen soll) ist im Aufriß von Vorn und von der Seite in den Figg. 166, Nr. 1 und 2 gegeben. Die innere Construction ist angegeben in den Durchschnitten Fig. 167, Nr. 1 bis 3.

AC und **BD** Fig. 166, Nr. 1 Durchschnitt der Schiffswandungen; **AB** Durchschnitt des Verdeckes, unter welchem der Kessel steht; **CD** Durchschnitt des platten Bodens. 1, 2, 3, 4, 5 Durchschnitte der Lager oder Grundbalken, auf welche die Kessel und die Maschinen gestellt werden. Auf diesen Lagern steht der Kessel entweder unmittelbar oder auf Zinkstreifen; übrigens ist derselbe von allen Seiten ganz frei und zugänglich.

Der Kessel (Fig. 166, Nr. 1 und 2) **GG**, aus eisernen oder aus kupfernen Platten zusammengesetzt, je nachdem Süßwasser oder salziges Wasser hineinkommen soll, hat einen ebenen Boden, ganz ebene Vorder- und Seitenwände und eine etwas gewölbte Haube **HH**.

I, I sind die Thüren der zwei Feuerheerde; **K, K** die Aschenlöcher; **L, L** die schrägen Roste. Vor dem Kessel ist der Boden belegt mit eisernen Platten **Z, Z**, von welchen man die Steinkohlen aufschaufelt u. s. w.

Von Hinten, oder auch von Vorn, oder von der Seite hat der Kessel zwei oder mehrere Abzugshähne, deren Mundstücke mit einer Röhre y bis zum Wasser außerhalb unter dem Boden verlängert sind. Muß der Kessel rein gemacht werden, so wird Dampf erzeugt, und nachdem das Feuer ausgelöscht worden und die Hähne x mit einem Schlüssel geöffnet sind, wird der Kessel ausgeleert, weil der Dampf einen stärkern Druck besitzt, als die atmosphärische Luft; denn da das Wasser aus dem Kessel nicht weiter ablaufen kann, als bis zur Höhe des äußern Wassers, so könnte man den Kessel ohne Anwendung von Dampf nie ganz leer machen, man müßte denn das Wasser, wie wohl auch zuweilen vorkommt, mittelst einer Handpumpe aus demselben fortschaffen. Die Ausleerung desselben mittelst des Dampfes gewährt

jedoch immer den Vortheil, daß auch ein großer Theil der Kruste oder des sogenannten Pfannensteines sich zugleich mit ablöſ't und durch die Hähne mit abgeht, hauptsächlich wenn man den Kessel, wie dieses auf einem Dampfboote geschehen muß, häufig reinigt. Um die Kruste, die man von den Wänden der Wassercanäle losgemacht hat, und die sich auf dem Boden ansammelt, aus dem Kessel fortschaffen zu können, hat derselbe von Außen nahe am Boden und sowohl vorn, wie hinten, als auch auf der Seite einige Oeffnungen, die Schlammthüren genannt, welche mit den Deckeln e, e verschlossen werden; diese Deckel haben Handhaben und ein Paar Löcher, um Schraubenbolzen durchzulassen.

M ist das Dampfrohr, welches aus der Mitte der vordern Wand des Kessels bis nahe an die Cylinder läuft und sich daselbst in zwei Arme W theilt, welche niederwärts nach den Cylindern laufen. Manchmal laufen unmittelbar aus dem Kessel zwei Dampfröhren nach den Cylindern. Ist eine einzige Dampfröhre M vorhanden, welche sich in zwei Röhren W theilt, so ist diese häufig vorn mit einem horizontalen Dampfventile versehen, das mit einer Handhabe und einer Schraube w gesteuert wird.

NN eine stehende Büchse auf der Kesselhaube, welche als Fahrloch dient, und das im Kessel beginnende Ende des Dampfrohres M enthält, übrigens auch den Dampfraum theilweise vermehrt. Auf dem Deckel dieser Büchse befindet sich das Luftventil, das durch ein Gewichtchen balancirt wird, welches an einem Hebel f, oder an einem über ein Leiträdchen geschlagenen Kettchen hängt.

OO Schornsteinröhre aus Eisenblech, im Durchschnitt rund oder oval und bis zu einer Höhe von etwa 2 bis 3 Ellen über die Kesselhaube umgeben

mit einem Mantel, welcher das Speisewasser enthält (ein Mehreres darüber weiter unten).

Q, R die Büchsen von zwei Sicherheitsventilen, die hier unmittelbar auf der Kesselhaube stehen; diese Büchsen sind vereinigt durch eine horizontale Röhre, aus deren Mitte die Röhre P zum Entweichenlassen des Dampfes längs der Schornsteinröhre emporsteigt. An zwei oder mehr Puncten wird diese Röhre festgehalten durch Bänder h, i, die mit den um die Schornsteinröhre liegenden Bändern g, h verbunden sind. Eins der Sicherheitsventile ist gänzlich verschlossen, das andere muß der Maschinist steuern können, weßhalb eine Stange durch eine Oeffnung des Deckels seiner Büchse läuft (wie auch durch das viereckige Loch l Fig. 166, Nr. 2) eines Hebels lmn, welcher bei m an einem Bolzen hängt und bis an die vordere Wand des Kessels nach n sich erstreckt; an diesem Ende n (Fig. 166, Nr. 1) hängt mit einem Gelenk der Handbügel no, der mit einigen Löchern versehen ist, damit man ihn an einen in die Kesselwand geschlagenen Stift fest einhängen könne, um das Sicherheitsventil mehr oder weniger weit und ohne Hülfe geöffnet zu erhalten (man vergleiche auch den Grundriß bei ghi Fig. 161 und ferner hier unten). Manchmal läuft aus dem Boden der Büchse des verschlossenen Sicherheitsventiles ein Röhrchen k zur Ableitung des Wassers aus dem verdichteten Dampfe.

Wenn die Sicherheitsventile bis an das Verdeck reichen und nicht mit der Büchse NN verbunden sind (wie hier unten angegeben wird), so ist das Verdeck bei ESTF ein Wenig erhöht. Die Büchse NN ist auch immer umgeben mit einem hölzernen, eisernen oder (zum Zierrath) kupfernen Mantel UV.

a, b Hähne zur Regulirung der Wasserhöhe im Kessel, welche Höhe sich zwischen den Mündungen

dieser Hähne befinden muß, so daß, wie man dieses nennt, der untere Hahn Wasser und der obere Dampf giebt.

c Dampfmesser.

d Wasserzeiger, inwendig im Kessel mit einem steinernen Schwimmer verbunden (siehe hier unten).

pp, qq Speiseröhre, welche von den Druck- oder Speisepumpen der Maschinen kommt und sich oben in den Mantel einmündet, der den Schornstein zum Theil umgiebt. Aus dem Boden dieses Mantels läuft eine Röhre rrr entweder unmittelbar durch die Kesselhaube bis an den Boden des Kessels, oder längs der Haube nach der Röhre, in welche sich die Speiseröhre der Handwasserpumpe einmündet, und wo sich der Hahn s befindet. Aus dieser Röhre läuft dann eine dritte tu in den Kessel bis beinahe auf den Boden desselben hinab, um dahin das Speisewasser zu führen *).

v, v, v u. s. w., Nietnägel oder Bolzen, welche die stehenden Wände der Wassercanäle zusammenhalten.

Die inwendige Construction des Kessels ist dargestellt in den Durchschnitten Fig. 167, Nr. 1, 2 und 3.

Fig. 167, Nr. 1 horizontaler Durchschnitt des Kessels, über den Roststangen der Feuerheerde genommen.

Fig. 167, Nr. 2 verticaler Durchschnitt des Kessels der Breite nach und nach der Linie ab von Fig. 167, Nr. 1.

Fig. 167, Nr. 3 verticaler Durchschnitt des Kessels nach der Länge und nach der Linie cd von Fig. 167, Nr. 1.

---

*) In der Figur ist der Hahn unrichtig an die linke Seite vom Ende der Röhre rr gezeichnet.

AB Roststangen der beiden Heerde, welche durch einen Wassercanal geschieden sind. Dieser Wassercanal hat oben an der Hinterseite des Heerdes eine Oeffnung C, durch welche die Flamme des Heerdes A dringen muß, um mit der Flamme des Heerdes B durch eine ähnliche, jedoch weitere Oeffnung D sich zu begeben, die in dem den Heerd B begrenzenden Wassercanale angebracht ist. Von diesen Heerden geht die Flamme durch die verschiedenen verticalen Feuercanäle nach der Schornsteinröhre. Diese Feuercanäle E, F, G, H, I, K, L, M, N, O, P laufen um den Kessel herum und zwar in den durch die Pfeilchen angegebenen Richtungen; sie sind getrennt durch engere Canäle (in der Figur deutlich genug angegeben), in welchen sich das zu verdampfende Wasser befindet, das sich bis zur Linie ZZ ungefähr drei bis vier Palmen über die Feuercanäle ausbreitet; damit sich die Wände dieser Wasserkanäle nicht beugen, so werden sie mit doppelten Nieten v, v zusammengehalten. Hat sich die Flamme bis in die hintere Ecke OP des letzten Feuercanales NP ausgebreitet, so erhebt sie sich von da in der Schornsteinröhre S. Für diesen Zweck communicirt der Feuercanal in der genannten hintern Ecke mit der Schornsteinröhre durch eine kurze Röhre PQRY, die noch auf eine große Strecke durch das Wasser läuft und übrigens durch den Dampfraum YY in die Schornsteinröhre aufsteigt, die z. B. hinten auf der Kesselhaube steht. In Fig. 167, Nr. 1 ist dieses durch eine punctirte Linie angegeben; die Schornsteinröhre ist im Durchschnitt ellipsenförmig dargestellt.

TU Mantel, der die Schornsteinröhre bis zu einer gewissen Höhe umgiebt, um das Speisewasser aufzunehmen. Dieser Mantel läuft nur bis an die Kesselhaube und umgiebt also nicht den Theil RQ

(Fig. 167, Nr. 1 und 2) der durch den Dampf laufenden Röhre. In vielen Fällen kann es jedoch sehr nützlich sein, diesen mit dem Dampf in Berührung stehenden Theil zu umkleiden und den mit Wasser gefüllten Raum des Mantels mit dem Raume TU communiciren zu lassen, in welchem Falle dann auch die Röhre pq (Fig. 166, Nr. 2) entbehrt werden kann.

V die Eingangsbüchse, welche theilweise als Dampfraum dient, besonders aber auch die Mündung oder den Anfang des Dampfrohres W enthält, welches hier allein eine umgekehrte und eine höhere Stellung hat, um zu verhüten, daß nicht das Wasser aus dem Kessel in's Dampfrohr spritze und nach den Maschinen sich begebe. Man kann natürlich den Eintritt des Wassers auch dadurch verhindern, daß man die Röhre auf die gewöhnliche Weise auf die Kesselhaube (und also nicht an die vordere Wand) setzt und nach den Cylindern leitet, aber dann wird wiederum ein größerer Raum in der Richtung der Höhe eingenommen, und dieses muß hier besonders vermieden werden.

y die Luftklappe oder das Luftventil auf dem Deckel der Büchse V; xw der belastete Hebel, durch welchen das Ventil y geschlossen wird, wenn die Luft in den Kessel eingetreten ist.

I', I' eiserne Rahmen für die Oeffnungen der Feuerheerde, an welche die Heerdthüren gehangen werden.

Die Sicherheitsventile sind, wie bereits früher gemeldet worden ist, in Büchsen A, B Fig. 168 eingeschlossen und vor dem Schornstein auf der Kesselhaube HH angebracht; diese Büchsen sind massiv verbunden mit der Röhre CD und mit einem Theile der Röhre P, durch welche der Dampf nach Außen abgeleitet wird. Die Form des verschlossenen Sicherheitsventiles

stimmt überein mit derjenigen, welche im zweiten Kapitel dieser Abtheilung Fig. 21, Nr. 2 angegeben ist, wenn nämlich der Dampf mit niederem Drucke wirkt und die Oberfläche des Ventiles nicht übermäßig groß ist (denn dann bedarf man wohl ein Ventil, welches mittelst eines belasteten Hebels niedergedrückt wird und in einer ovalen Büchse eingeschlossen ist); in jedem Falle ist jedoch das Ventil eben. Das Ventil, welches für den Maschinisten zugänglich und in der Büchse A enthalten ist, ist, gleich dem verschlossenen Ventil, eben und unmittelbar mit Scheiben belastet, welche um die Ventilstange gelegt sind. Die Ventilstange ist rund, oder besser viereckig und durch ein Gelenk mit der Klappe verbunden; sie geht oben durch eine Oeffnung, welche bei b im Deckel der Büchse angebracht ist; der vorragende Theil ab der Stange läuft alsdann durch die Leitöffnung c am Ende l (Fig. 166, Nr. 2) des Hebels lmn, und auf den Kopf der Stange wird endlich die Schraubenmutter a gesetzt. Gegen diese Schraubenmutter stützt sich das Ende c des genannten Hebels, wenn er vom Maschinisten gezogen wird, und das Sicherheitsventil wird deßhalb an der Schraubenmutter a aufgehoben, während es auch bei der beschriebenen Einrichtung durch die Wirkung des Dampfes selbst ungehindert aufgehen kann, weil die Stange sich in der Oeffnung c des Hebels frei bewegen kann. Man kann das Ventil auch (um dem unbehinderten Heben desselben nichts entgegenzusetzen) mittelst eines Häkchens oder Kettchens heben, durch welches die Ventilstange und das Ende des Hebels frei verbunden sind. Auf diesen Gegenstand werden wir in der folgenden Abtheilung wieder zurückkommen, wie auch auf noch andere Formen und Einrichtungen von Sicherheitsventilen für Dampfkessel.

Manchmal ist die Entfernung der Kesselhaube

Manchmal ist die Entfernung der Kesselhaube von der Wasseroberfläche im Kessel zu gering, so daß das Wasser unaufhörlich gegen die untere Fläche der Sicherheitsventile spritzt und sogar stark anstößt. Um die nachtheilige Wirkung hiervon zu vermeiden, müssen alsdann die Sicherheitsventile höher gestellt werden; man läßt zu diesem Ende die Büchsen derselben mit zwei Röhren versehen, die aus der Wand der Büchse bis an den Eingang des Kessels laufen (siehe Fig. 170, Nr. 1 und 2, welche einen Seitenaufriß und einen Grundriß von der Büchse bis zum Eingange **N N** und von den Röhren **E**, **F** der Büchsen **A**, **B** der Sicherheitsventile u. s. w. geben), so daß die unteren Flächen der Ventile nur von Dampf berührt werden können.

Fig. 171 giebt im Seitenaufriß einen Theil der Schornsteinröhre **O** mit dem oberen Ende der Röhre **P**, durch welche der Dampf abgelassen wird. Diese Röhre wird unterstützt mittelst eines doppelten Bandes l m n o, welches um dieselbe und auch zugleich um die Schornsteinröhre **O** gelegt ist. Oben endigt sie in einen kleinen Behälter **G**, aus welchem eine schwache Röhre **d** in die Schornsteinröhre übergeht; sie kann geschlossen werden mit einer Klappe an einem Hebel g e f hängend, den man mittelst eines Eisendrahtes f i h, welcher in den Maschinenraum herabläuft, steuert. Man schließt mit dieser Klappe den eben genannten Behälter, so daß der Dampf allein durch die Schornsteinröhre austritt, um die Unbequemlichkeit dadurch zu vermeiden, daß bei dem Ausströmen des Dampfes in die Luft durch die Verdichtung desselben Wassentropfen auf's Verdeck niederfallen.

Die Schwimmer werden an den Dampfbootkesseln entweder vorn, oder an der andern Seite derselben auf verschiedene Weise angebracht; häufig können sie am Bord ganz entbehrt werden, indem es

besser ist, die Einheizer an das häufige Oeffnen der Hähne zum Erkennen der Wasserhöhe zu gewöhnen. Die Einrichtung der Schwimmer ist ganz einfach folgende: d d Fig. 172 ist der Durchschnitt der vordern Kesselwand; in dieselbe ist eine Stopfbüchse D geschraubt, durch welche die kurze Achse C D E läuft, und in welcher diese Achse sich dann auch drehen kann. Mit dem Ende C dieser Achse im Kessel ist der Stab b C a verbunden, welcher an zwei Oehren c c den steinernen Schwimmer trägt, der auf die nöthige Weise durch den Stein B balancirt wird, indem man denselben längs des Armes C b verschieben kann; an dem Ende E der genannten Achse C D E sitzt außerhalb des Kessels der Zeiger E F, durch welchen der Wasserstand angegeben werden kann.

Die Gestalt und Einrichtung von Dampfbootkesseln mit ebenem Boden und ebenen Wänden können entweder besonderer Zwecke, oder des Schiffsraumes, oder auch der Größe der Kessel selbst wegen anders sein, obschon die Zusammensetzung nach denselben Grundsätzen ausgeführt werden muß, auf denen diejenige des beschriebenen Kessels beruht.

So kann z. B. unter einem weniger hohen Verdeck, oder um die Entfernungen der Kesselhaube vom Verdeck zu vergrößern, die Höhe des Kessels an den Seiten vermindert werden. Dagegen kommt dann in die Mitte des Kessels eine Erhöhung für den Dampfraum, und auf dieselbe ist die Büchse für den Eingang und die Schornsteinröhre gestellt (eine Skizze hiervon ist Fig. 173 zu sehen). Wenn der Kessel weniger lang ist, so kann dennoch die inwendige Construction beinahe dieselbe bleiben, wie oben (Fig. 167, Nr. 1) angegeben ist; dieses wird nachher durch Fig. 174 erläutert. Der Kessel und Heerd können so viel kürzer sein, daß hinter diesem letzteren keine zwei Feuergänge laufen können (wie I H und N P Fig. 167,

Nr. 1); alsdann kann man den heißen Rauch aus dem letzten Feuercanal GH noch durch einen horizontalen flachen Canal IK streichen lassen, bevor er in die Schornsteinröhre L übertritt. Dieser horizontale Feuercanal IK läuft dann über dem hinteren Ende des Feuerheerdes durch das Wasser, welches daselbst über den verticalen Feuercanälen steht, und die Schornsteinröhre kommt dann auch mehr in die Mitte auf den Kessel.

Die innere Construction des Kessels erfährt dann auch einige Modificationen, da derselbe länger, als breit ist; auch sind bei einer noch beträchtlicheren Länge der Größe vielleicht drei Feuerheerde erforderlich; — in Folge dieses größeren Calibers kann der Fall eintreten, daß man zwei Kessel nebeneinander setzen, oder selbst noch einen dritten für eine dritte Maschine u. s. w. anbringen muß. Die Figg. 175, 176 u. 177 geben hierfür ein Beispiel; Fig. 175 giebt den Umfang in einem Aufrisse von vorn, Fig. 176 giebt einen horizontalen Durchschnitt und Fig. 177 einen verticalen Durchschnitt nach der Linie XYZ von einem großen, doppelten Kessel von niederem Drucke, mit einer schräg zulaufenden Haube und 6 Feuerheerden. A, B, C, D, E, F Roststangen der Feuerheerde der zwei nebeneinander stehenden und miteinander verbundenen Kessel. Die Flamme und der Rauch, welche von den beiden äußersten Heerden A, B und E, F kommen, gehen durch die Oeffnungen G, H und I, K der angrenzenden Wassercanäle (die zur Länge der Kessel parallel laufen) und alsdann mit der Flamme und dem Rauche des mittleren Heerdes C D durch die angebrachten Oeffnungen L, M der ersten querlaufenden Wassercanäle. Sie laufen hierauf durch die verschiedenen verticalen, jedoch quer gerichteten Feuercanäle und steigen aus den niederen Winkeln N und O der Kessel in den Schornstein P Q

empor, für welchen Zweck von N und O nach den zwei vereinigten Schornsteinröhren schräge Röhren N R P und O S Q durch das Wasser und durch den Dampf hindurch geleitet sind. Die Büchse für den Eingang, die Sicherheitsventile u. s. w. (von diesen Stücken ist die Stellung in den Figuren nicht angegeben) können vor und hinter die Schornsteinröhre auf dem Kessel angebracht werden, und die Maschinerie kann hier auch hinter den Kessel kommen.

Von den Kesseln mit einem einzigen Feuerheerde für Dampfboote mit einer Dampfmaschine kann man sich aus den vorhergehenden beschriebenen Einrichtungen von Kesseln mit zwei Heerden einen Begriff machen. Man denke sich nur, daß ein Kessel von der Form Fig. 167 oder 174 mitten durchgeschnitten sei, so daß F M dann die Seitenwand und A der einzige Feuerheerd wird, welcher bis zu dem in die Quere gerichteten Wassercanale E F durchläuft, und dessen Flamme bei B in die Feuercanäle B C, C D, D E, E F übertritt, um aus der Ecke F durch eine schräg aufsteigende Röhre sich in den Schornstein zu erheben, welcher hinten auf dem Kessel steht und hier bei p p im Grundrisse dargestellt ist. Der Heerd muß hier an eine der Seitenwände F M des Kessels grenzen, damit im Kessel hinlänglicher Raum für die Feuercanäle übrig bleibe und besonders auch, damit man denselben ohne Behinderung mit Brennmaterial versorgen könne ꝛc., denn wenn die Maschine in der Mitte des Schiffes vor dem Kessel angebracht ist, so ist auch zwischen dem Kessel und der Maschine nicht hinlänglicher Raum vorhanden, um das Feuer schüren zu können, sobald der Heerd in der Mitte des Kessels angebracht wird.

Für diesen Zweck ist vorausgesetzt, daß die Feuercanäle eine verticale Richtung haben; ein großer Theil der Wärme, oder wohl der größte Theil wird

dann seitlich dem Wasser mitgetheilt, und diese Mittheilung ist niemals so vollkommen, als wenn die Wände, mit welchen das Wasser in Berührung steht, die Feuerwärme von Unten empfangen. Im Allgemeinen wird deßhalb das Wasser schneller und mit weniger Verlust an Wärme erwärmt und in's Kochen gebracht, wenn die Flamme und der heiße Rauch in horizontalen Canälen durch den Kessel geleitet sind; und nach diesem Grundsatze kann man einen Kessel auf verschiedene Weise einrichten.

Es sei A Fig. 178 u. 179 (zwei verticale Durchschnitte nach der Breite und Länge eines Kessels mit einem Feuerheerde für eine Maschine; man kann deren zwei nebeneinander stellen, wie oben bei Fig. 175 erklärt worden ist, um zwei Maschinen mit Dampf zu versorgen) der Heerd eines Kessels mit horizontalen Feuercanälen. Dieser Heerd kann sich erstrecken bis auf einigen Abstand von der hinteren Wand B des Kessels, z. B. bis an C, wo sich wegen einer hinteren Heerdplatte ein kurzer verticaler Wassercanal befindet. Die Flamme und der Rauch ziehen durch die Oeffnung E über den genannten Wassercanal D und alsdann niederwärts, um am Boden F in den untersten horizontalen Feuercanal G überzutreten und so ferner in Schlangenlinien durch die darüberliegenden horizontalen Züge H, I und K zu streichen, welcher letztere sich über die ganze Breite des Kessels erstreckt und also nicht so tief sein darf, als die drei untersten Canäle, die an der Seite des Heerdes liegen (es müssen auch die Feuercanäle immer so eingerichtet sein, daß sie nach und nach immer enger werden).

Aus dem genannten letzten Feuercanale tritt der Rauch in die Schornsteinröhre S (die sich mit der Röhre des daneben stehenden Kessels — wenn nämlich zwei Kessel vorhanden sind — zu einer einzigen

Röhre vereinigt), oder in die Röhre S', welche in der mittleren Breite des Kessels emporsteigt, wenn nur ein einziger Kessel vorhanden ist (in welchem Falle auch die Kesselhaube auf beiden Seiten dieselbe Wölbung oder Rundung haben muß; die Figur giebt nämlich die Form, welche die Haube haben kann, wenn zwei gleiche und ähnliche Kessel nebeneinander stehen). — Eine nothwendige Bedingung ist es, was zwar in der Figur nicht angegeben ist, daß in Kesseln mit horizontalen Feuercanälen die Wassercanäle mittelst einiger kurzen, gekrümmten Röhren, welche den Canälen zugleich zur Unterstützung dient, communiciren müssen.

Die Einrichtung der Kessel mit horizontalen Feuer- und Wassercanälen ist um deßwillen für vollkommener, als diejenige der Kessel mit verticalen Canälen, zu halten, weil bei Weitem der größte Theil der Wärme dem Wasser von Unten mitgetheilt wird, und also weniger Zeit und Feuer zu dieser Erwärmung nöthig ist; aber die Kessel müssen dagegen auch mit mehr, als gewöhnlicher Aufmerksamkeit verfertigt und unterhalten werden; die Reinigung derselben ist mit Schwierigkeiten verbunden, und sie sind auch nicht so dauerhaft, als Kessel von einfacherer Construction (vergl. über diesen Punct die dritte Abtheilung, woselbst in der neuen Auflage auch die neuesten Einrichtungen der Schiffsdampfkessel beschrieben werden sollen).

Die Form der Kessel kann auch cylindrisch sein, und besonders muß dieses dann der Fall sein, wenn der Kessel einen hohen Dampfdruck aushalten muß.

Der einfachste Fall ist der eines einzelnen cylindrischen Kessels. Der Feuerheerd befindet sich dann in einem Cylinder A Fig. 180, Nr. 1 und 2, so daß er dicht am Boden durch den cylindrischen Kessel B C läuft. Hinter der kurzen, verticalen Mittel-

wand (Brücke) D (welche verdoppelt ist und Wasser enthält) wird der Cylinder A um so viel enger, daß sein Durchschnitt beinahe gleich ist demjenigen Theile des Durchschnittes über den Roststangen. An der geradlinigen oder kugelförmigen Hinterwand des cylindrischen Kessels communicirt der Cylinder A durch eine aufsteigende, gebogene Röhre a b c mit dem horizontalen, cylindrischen Feuercanale E, durch welchen die Flamme nach der geradlinigen oder kugelförmigen Vorderwand des Kessels zieht, um von da mit dem Rauche in den zweiten horizontalen, cylindrischen Feuercanal F überzutreten, welcher in der Schornsteinröhre hinten am Kessel endigt. Die drei Cylinder A, E und F werden durch Anker sowohl untereinander, als mit der äußeren Kesselwand B C verbunden und gestützt. Durch die Cylinder wird die Wärme dem Wasser, von welchem sie umgeben sind, und welches bis zu einer gewissen Höhe stehen muß, von allen Seiten mitgetheilt. Der Dampf sammelt sich im obersten Theile des Cylinders B C, und von hier gelangt derselbe alsdann in den Dampfcylinder u. s. w., indem das Dampfrohr, die Sicherheitsventile u. s. w. oben auf der Kesselhaube, wie gewöhnlich, angebracht sind.

Um zwei Maschinen mit Dampf zu versorgen, kann man zwei Kessel von der soeben beschriebenen Form nebeneinander stellen, und es kommt dann die Schornsteinröhre zwischen beide. Ein Cylinder wird jedoch um so viel schwächer, um wie viel größer sein Durchmesser wird, und deßhalb kann es für die Bedienung von zwei Dampfmaschinen häufig vortheilhafter sein, die Kessel nicht mit zwei besonderen Feuercanälen zu versehen, sondern denselben einen kleinen Durchmesser, jedoch größere Länge zu geben, im Nothfall auch die Zahl derselben zu vermehren, wie dieses aus den Durchschnitten Fig. 181, Nr. 1, und Fig. 182

abgenommen werden kann. Man ist auf diese Weise im Stande, das Wasser gleichförmiger zu erwärmen, jedoch kann man nicht immer eben so leicht die erforderliche zu erwärmende Oberfläche bekommen. (Man vergl. über diesen Punct die dritte Abtheilung.)

Fig. 181, Nr. 1. Durchschnitt von zwei cylindrischen Kesseln, die nicht miteinander communiciren. A innere Cylinder, in welchen sich die Heerde B befinden, welche sich bis zur Brücke C C erstrecken. Diese inneren Cylinder durchlaufen die ganze Länge der Kessel und sind hinter diesen Kesseln durch eine Querröhre D D verbunden, aus deren Mitte die Schornsteinröhre E sich erhebt. F, F Dampfräume.

Die inneren Cylinder haben ihrer ganzen Länge nach dieselbe Breite; da jedoch die Durchschnitte derselben von der Brücke C bis zum hinteren Ende kleiner sein müssen, als vor dieser Brücke, so laufen, um diese geringere Capacität zu erlangen, und um zugleich das Wasser auf einer noch größeren Oberfläche zu erwärmen, mitten durch die genannten zweiten Hälften der inneren Cylinder weite Röhren H I (siehe Fig. 181, Nr. 2, die einen Seitenaufriß von einem der Kessel giebt), welche am Boden bei H beginnen und an der Hinterwand bei I endigen, jedoch durch zwei kurze stehende Röhren K L mit dem Kessel, wie bei H, communiciren. Diese Röhren werden deßhalb auf allen Seiten von Flamme und Rauch berührt, und ein großer Theil der Wärme wird auf diese Weise noch benutzt, um das Wasser in diesen Röhren zu erwärmen.

Fig. 182 stellt im Durchschnitt einen Kessel dar, welcher aus 5 Cylindern besteht, die durch kurze Röhren miteinander communiciren. In den drei unteren Cylindern wird geheizt; sie sind ganz mit Wasser

umgeben und können eben die Einrichtungen haben, wie die Cylinder des Kessels Fig. 181.

Die zwei obersten Cylinder sind halb voll Wasser, und der übrige Theil derselben bildet den Dampfraum; sie können kürzer sein, als die unteren Cylinder und auch einen kleineren Durchmesser haben, oder es können auch die drei Feuercanäle der Heerdcylinder sich außerhalb dieser Cylinder zu zwei Feuercanälen vereinigen, welche durch das Wasser der obersten Cylinder laufen (was in der Figur nicht dargestellt worden ist), so daß dann die Schornsteinröhre an dem vorderen Ende des Kessels aufsteigt.

Und hierdurch kann man sich dann ferner einen Begriff von anderen Einrichtungen cylindrischer Kessel machen, welche z. B. aus einer Menge übereinanderliegender kleiner Cylinder bestehen, die parallel zueinander laufen, oder einander kreuzen, jedoch durch kurze Röhren miteinander communiciren, und zwischen welchen die Flamme von einem oder von mehreren breiten Heerden spielt u. s. w.

IV. Beschreibung der gewöhnlichsten Einrichtung der Schiffdampfmaschinen von niederem Drucke.

Der Umstand, daß man bei der Verbindung der verschiedenen Theile einer Dampfmaschine in einem Fahrzeuge gänzlich gebunden ist an den Raum, in welchem die Maschine enthalten sein muß, bewirkt von selbst, daß die Verschiedenheit in der Form und dem äußerlichen Ansehen zwischen gewöhnlichen Dampfmaschinen für Fahrzeuge und Fabriken allein aus der Verschiedenheit der Oertlichkeit entspringt, während dann die Eigenthümlichkeiten der inneren Einrichtungen wieder allein aus der genannten besonderen Form hervorgehen, wie dieses weiter oben in Bezug auf die Dampfkessel erwähnt worden ist.

Die Beschreibung, welche hier von der Einrichtung der Schiffdampfmaschinen von niederem Drucke (und von derjenigen Form, unter welcher man dieselbe meistens noch antrifft) gegeben werden soll, wird sich hauptsächlich beschränken auf diejenige der Maschine im Ganzen — auf diejenige der inneren Zusammensetzung und Communication der wichtigsten Theile — und auf einige Erklärungen der Formen, Einrichtungen und Wirkungen mancher Theile insbesondere.

Weiter oben ist bereits das Eine und das Andere über die Aufstellung der Dampfmaschinen, und zwar zwei gleicher und ähnlicher Dampfmaschinen, in einem Fahrzeuge erwähnt worden; während Fig. 161 einen Grundriß des Umfanges zwei solcher Dampfmaschinen giebt, wie sie auf ihren Grundschwellen stehen und mit stehenden Wänden umgeben sind. Von einer dieser Maschinen liefert die Fig. 183 einen Aufriß, von der Arbeitsseite genommen (nämlich von derjenigen Seite, welche gesehen wird, wenn man sich zwischen den beiden Maschinen befindet) und nach einem beinahe vierfachen Maßstabe gefertigt. Die Fig. 184 giebt einen partiellen Aufriß von Hinten.

Durch genaue Betrachtung des Grundrisses Fig. 161 weeden die folgenden Beschreibungen um Vieles deutlicher werden. Diese Beschreibung sind jedoch bestimmt erläutert durch die Fig. 183 u. ff., denn dieselben Theile sind Fig. 161 mit anderen Buchstaben bezeichnet.

A Cylinder, welcher mit einem Fußgestelle auf den zwei Grundschwellen des Fahrzeuges steht und an jede derselben mit zwei durchgehenden Schraubenbolzen a befestigt ist.

B Dampfbüchse, hinter dem Cylinder angebracht und bei d d mit demselben vereinigt, für welchen Zweck mit dem Cylinder eine ebene Platte verbunden ist, um an dieselbe die hintere Platte d d der Dampf-

büchse zu schrauben. In dieser Dampfbüchse kann die Dampfdistribution durch Schieberventile, wie wir sie früher betrachtet, oder als Beispiel angeführt haben, bewerkstelligt werden. c c ist in diesem Falle eine Platte, welche eine Oeffnung in der Hinterwand des Dampfbüchsenmantels bedeckt, um in denselben gelangen und die Leisten der Falze anschrauben zu können, in welchen die Schieber sich bewegen. 22, die Stopfbüchse auf der Dampfbüchse, um die Spindel oder Stange der Schieber durchzulassen. Die Dampfbüchse geht natürlich tiefer herab, als das Fußgestelle des Cylinders, und dieser untere Theil befindet sich zwischen den beiden Grundschwellen, auf welchen der Cylinder steht.

C Condensator, welcher von Unten mit der Dampfbüchse communicirt, wie bei der Beschreibung der Durchschnitte der Maschine näher angegeben werden soll.

D Heißwassercisterne, über dem Condensator angebracht und mit demselben mittelst durchlaufender Schraubenbolzen b, b an einen Boden geschlossen, den die zwei Grundschwellen tragen, auf welchen die Maschine steht. Diese Warmwassercisterne ist von Oben offen, jedoch mittelst einer kupfernen Mündung e erhöht.

E Luftpumpe, auf dem erwähnten Boden befestigt, durch welchen sie mit dem Condensator communicirt.

F F F zwei eiserne Gestelle, welche auf jeder Seite der Maschine bei den Puncten F′, F′ mit zwei Füßen auf dem Boden stehen und an denselben mittelst Schraubenbolzen geschlossen sind. Diese Gestelle tragen hauptsächlich die Stühle G, G der liegenden Welle H der Schaufelräder. Sie verbreiten sich überdieß noch mit zwei im Dreieck sich ausbreitenden Armen auf beiden Seiten des Cylinders, um ver-

schiedenen, nachher zu nennenden, Stücken Basis und Leitung zu gewähren. Sie umfassen deßhalb, so zu sagen, die Dampfbüchse, die Heißwassercisterne und die Luftpumpe; ihr Abstand ist demjenigen der Durchmesser der Grundschwellen gleich, auf welchen sie stehen. Die Form dieser Gestelle kann für besondere Zwecke sehr modificirt werden und mit dem Caliber der Maschinen gar sehr abweichen von derjenigen, welche hier abgebildet ist. Sind diese Gestelle sehr groß, so wird jedes aus zwei Stücken gegossen.

S Dampfrohr, mit einem Kniestück aus der Röhre hervortretend, die in der vorderen Wand des Kessels sitzt (vergl. Fig. 161); sie enthält bei T vor dem Cylinder ein Drosselventil, welches mit der Hand gesteuert wird. Der Cylinder ist umgeben mit einem kurzen Mantel U U, in welchen das Dampfrohr sich einmündet, und den man als eine den Cylinder umgebende Röhre betrachten kann, durch welche der Dampf in die Dampfbüchse oder Dampfkammer B übertritt. Die ebene Hinterplatte d d der Dampfkammer und die stehende Platte des Cylinders sind für diesen Zweck mit runden oder viereckigen Oeffnungen versehen, durch welche der Dampf aus U U in die Kammer B gelangt.

Aus der Kammer B tritt der Dampf durch die obere und untere Dampföffnung abwechselnd über und unter den Kolben, während der benutzte Dampf nach dem Condensator C entweicht. Die Kolbenstange K geht dampfdicht durch die Stopfbüchse I auf dem Deckel des Cylinders, auf welchem sich auch der Fetttopf a und die Wasserklappe b befinden, deren Zweck und Einrichtung weiter unten näher angegeben werden soll.

Wie bei den Maschinen, welche im vorhergehenden Kapitel beschrieben und abgebildet worden sind, so ist auch hier die Kolbenstange mittelst eines Gal-

gens L an die niedersteigenden Stangen M, N, N auf jeder Seite des Cylinders gekoppelt und am Fuße desselben mit den doppelten Balanciers O, O verbunden, welche sich auf jeder Seite der Maschine um zwei feste Zapfen drehen, die an den Condensator C gegossen sind. Der Galgen L ist, größerer Deutlichkeit halber, im Grundriß und Aufriß, jedoch in einem kleineren Maßstabe, in Fig. 185 dargestellt: o ist die Oeffnung, durch welche der Kopf der Kolbenstange geführt und mit einem doppelten Vorstecker befestigt wird; h, h sind die Hälse, um welche die Lager der niedersteigenden Verbindungsstangen M, N, N gelegt sind.

Die verticale Bewegung der Kolbenstange wird auf diese Weise mittelst des Parallelogrammes d c k i nach Möglichkeit erlangt. Die Wirkung und Einrichtung desselben ist ganz so, wie bei den Parallelogrammen der gewöhnlichen Dampfmaschinen; es befindet sich hier nur in einer umgekehrten Stellung. Es hat in Folge der Art und Weise, wie die Bewegung übergetragen wird, eine größere Höhe oder Breite, als Länge, und die Zugstangen (Zügel) sind aus diesem Grunde auch kürzer, als gewöhnlich. d, i, die hinteren verticalen Stangen des Parallelogrammes an jeder Seite der Maschine, sind mit den niedersteigenden Stangen M, N (die hier als vordere verticale Parallelogrammstangen dienen) durch die horizontalen Stangen d, c verbunden, welche sich bei d und c um Zapfen drehen können. Die Stangen d, i sind durch Zapfen i (um welche metallene Lager liegen) mit der Mitte der Vorderarme der Balanciers verbunden; und bei d liegen sie um die Zapfen der Enden der mit einer Welle verbundenen Zugstangen d, e; diese Welle dreht sich vor der Dampfkammer B in den Lagern der Stühle f. Es sind diese Stühle,

sowie die Figur zur Genüge andeutet, an die vorderen Ecken der eisernen Gestelle F, F geschraubt.

Der Grundriß dieser letztgenannten Welle und der damit verbundenen Stangen ist besonders in Fig. 186 gegeben. f ist die kleine Welle oder Achse, welche vor der Dampfkammer läuft. b, b sind die Hälse, welche in die Lager der festen Stühle f Fig. 183 zu liegen kommen. e a, e a sind Arme oder Kniestücke, die an die Welle geschmiedet sind und als Zugstangen dienen müssen. An den Enden a, a sind Zapfen angebracht, um welche die Lager g der oberen Enden der hinteren verticalen Stangen des Parallelogrammes und diejenigen der horizontalen Querstangen d, c liegen, deren andere Enden verbunden sind mit den niedersteigenden Stangen M, N Fig. 183. Das besondere Verhältniß zwischen der Länge der Kolbenstange und des Armes des Balanciers bestimmt die Länge der Kniestücke oder Zugstangen d, e; diese können deßhalb wohl einmal größer sein, als verhältnißmäßig in der Figur angegeben ist, so daß dann die Stühle f auf dem Cylinderdeckel an dieser oder jener Seite der Kolbenstange angebracht werden müssen.

An der Hälfte des andern Balancierarmes sind die niedersteigenden Stangen q, q befestigt, welche mit der Kolbenstange der Luftpumpe durch ein Querhauptstück vereinigt sind, und zwar ebenso, wie die Dampfkolbenstange mit dem Balancier verbunden ist. Wenn der Kolben der Luftpumpe niedersteigt, tritt das Wasser aus dem Condensator über denselben, und dieses Wasser wird durch den Hub des Kolbens gehoben und in die Warmwassercisterne D durch die Röhre r gefördert, welche die Communication zwischen der Luftpumpe und der Warmwassercisterne D herstellt.

An der Seite der Luftpumpe ist die Speisepumpe (eine gewöhnliche Druckpumpe mit einem Taucherkolben) angebracht. Sie wird meistens an der andern Seite der Maschine angebracht, d. h. nicht an der Arbeitsseite, sondern an der Schiffswandseite. Sie hat in der Figur nicht können angegeben werden, soll aber hier unten erläutert werden. Die Kolbenstange der Speisepumpe ist mit einer kleinen Druckschraube an den Galgen oder das Querhaupt der Kolbenstange der Luftpumpe befestigt, und zwar an dem Ende desselben an der Schiffswandseite, während an der Arbeitsseite auf dem Deckel der Luftpumpe, oder neben demselben eine Stange t t befestigt ist, welche durch eine Hülse 12 eines der horizontalen Arme des eisernen Gestelles F F und ferner durch eine Hülse oder Büchse am Ende des Galgens der Kolbenstange der Luftpumpe läuft, um auf diese Weise für den genannten Galgen eine Leitstange abzugeben.

Durch eine seitenständige Röhre wird das Speisewasser aus der Heißwassercisterne D unter den Kolben der Speisepumpe gebracht, welche dieses Wasser in den Kessel treibt. Die kupfernen Steigröhren der zwei Pumpen beider Maschinen laufen hinter den Heißwassercisternen aufwärts und von da in einer horizontalen Richtung quer über's Schiff, wo sie sich vereinigen. Aus der Mitte dieser Querröhre läuft nach dem Schornsteinmantel eine andere Röhre 7, 8, 9, durch welche das Speisewasser in den Kessel gepreßt wird. Das überflüssige Wasser in der Heißwassercisterne D läuft durch eine viereckige kupferne Röhre außer Bord.

Die anderen Enden der Balanciers sind verbunden durch ein Querhaupt P Q Q P, dessen niedersteigende Arme Q, P versehen sind mit verschlossenen metallenen Zapfenlagern, welche um die Zapfen m

schließen, die durch die Balanciers gesteckt sind. Um die Mitte dieses Querhauptes Q Q liegt das untere Ende der aufsteigenden Kurbelstange R V, indem es das erwähnte Querhaupt mit einer platten Gabel umschließt und mittelst Schrauben oder Vorstecknägel an dasselbe festgeschlossen ist. Bei V sitzt das andere Ende der Kurbelstange mittelst verschlossener metallener Lager an der Warze der Kurbel X. Diese Kurbel ist, so zu sagen, gekröpft, d. h., ihre Achse steht nicht unmittelbar mit der zweiten Kurbel Z in Verbindung (in welchem Falle eine gebogene Kurbel vorhanden sein würde), sondern ihre durchlaufende Achse Y ist gekoppelt an die Achse der Kurbel Z mit doppelten verschlossenen Zapfenlagern Y, W. Diese Einrichtung dient hauptsächlich dazu, daß die Welle des Schaufelrades, die doch aus verschiedenen Stücken zusammengesetzt ist, wenn sie sich werfen sollte, sich dennoch ohne Schütteln oder Schleudern umdrehen kann (man vergleiche die Form dieser Kurbeln oder Verkröpfungen näher in Fig. 165).

Die Stange n des Drosselventiles hat einen kurzen Arm, welcher bei m durch ein Gelenk mit der horizontalen Zugstange m k verbunden ist, die in zwei festen Büchsen h, i Leitung und Unterstützung erhält und bei k und l zwei Knöpfe oder Griffe hat, mit welchen der Maschinist, der zwischen den beiden Maschinen steht, die Drosselventile bequem steuern kann. Die Drosselventile werden z. B. halb geschlossen, wenn die Fahrt des Bootes verzögert werden soll. Manchmal muß die Steuerung der Ventile ꝛc. auf kleinen Booten oben auf dem Verdeck geschehen, für welchen Fall die Stange k m, oder eine ähnliche nur in Verbindung gebracht zu werden braucht mit einem Schwengel, welcher sich oben auf dem Verdecke befindet u. s. w.

o ein Manometer an dem kurzen Mantel des Cylinders, damit der Maschinist die Dampfspannung, d. h. die Spannung des in die Dampfkammer eintretenden Dampfes, erkennen könne. Diese Spannung muß von einem im Voraus bestimmten Grade sein, bei welchem die Maschinen mit ihrem nominellen Vermögen wirksam sind; sie muß beständig bei demselben Grade erhalten werden, und dieser Dampfmesser ist also für den Maschinisten vorhanden, um die Thätigkeit des Einheizers zu controliren. Natürlich ist die Dampfspannung am Cylinder schwächer, als am Kessel; man nimmt jedoch häufig wahr, daß das Manometer am Kessel tiefer steht, als am Cylinder; sehr häufig muß dieses zum großen Theile dem Druck einer gewissen Quantität Wassers zugeschrieben werden, welches sich durch die Verdichtung des Dampfes im niedersteigenden Schenkel des Dampfmessers o gebildet und gesammelt hat.

p und q zwei mit Hähnen versehene Röhren, um aus dem Raume des kurzen Mantels UU und vom Boden des Cylinders das Wasser abzuleiten.

r excentrische Scheibe, bestehend aus einem einzigen Stücke oder aus zwei halben zusammengeschraubten Stücken, auf der Welle H befestigt und balancirt durch ein Gegenexcentricum oder ein Stück von gleicher Form r'.

s s Stange der excentrischen Scheibe, bei t mit einem halben Kragen auf dem Halse eines Kniestückes t u ruhend, welches am Ende einer kurzen Welle sitzt, die sich unter den horizontalen Armen der eisernen Gestelle FF in zwei hängenden Zapfenlagern v v v dreht. Je nach der größern oder geringern Nähe der Dampfkammer am Condensator oder je nach der größern oder geringern Extension der Bewegung der Schieberventile u. s. w. werden die eben genannten Pfannen auch wohl vor der Heißwasser-

cisterne angebracht. An der genannten Welle sitzen zwischen diesen Drehungspunkten zwei Arme w, welche an der Seite der Dampfkammer B sich fortsetzen und auf die gewöhnliche Weise mit Zapfen versehen sind, um welche die Lager der Enden der kurzen niedersteigenden Stangen x y z liegen, die an die Enden des Galgens der Stange der Schieberventile geschlossen sind. Die hin- und hergehende Bewegung der Stange der excentrischen Scheibe bewirkt durch diese mechanische Einrichtung die erforderliche auf- und niedergehende Bewegung der Schieber.

Um die Maschine an- und abzulassen — oder besonders auch, um die Bewegung der Kolben in einer entgegengesetzten Richtung eintreten zu lassen, wenn das Boot rückwärts bewegt werden soll u. s. w. — müssen die Schieberventile vom Maschinisten mit der Hand bewegt werden, nachdem er die excentrische Stange gehoben hat. Um die Stange zu heben, ist an derselben eine besondere mechanische Einrichtung 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 21 angebracht, welche weiter unten umständlich beschrieben werden soll. Nach dem Heben dieser Stange werden die Schieberventile durch den Hebel 20, 20 gesteuert, welcher an das Ende der oben genannten Welle geschlossen ist, an welcher die Arme w sitzen, und mit welcher auch das Kniestück t u verbunden ist. Diese Steuerung geschieht mechanisch auf eine andere Weise, als hier dargestellt ist, im Falle die Schieber von schwerem Caliber sind und eine zu große Reibung verursachen, als daß man sie mit einem Hebel von mäßiger Länge sollte bewegen können (weiter unten wird dieses näher erläutert). Die Schwere der Schieber kann auch durch Gegengewichte balancirt werden.

f f durchschnittene Einfassung oder Wand, welche um die Maschine herumläuft und dieselbe, wie der Rand eines Behälters, umgiebt.

gggg Schraubenbolzen, welche durch die doppelten Blätter der Balanciers laufen, um dieselben rings um die festen Zapfen herum, auf welchen sie liegen, zusammenzuhalten.

hh Schraubenmuttern, auf die eben genannten festen Zapfen geschraubt, um die Balanciers einzuschließen.

iklm Schraubenmuttern der Zapfen, um welche die Lager der verschiedenen Stangen liegen.

nn kupferne Wasserröhre, welche aus einer, außerhalb der Schiffswand laufenden, Querröhre entspringt, um das äußere Wasser in den Condensator zu heben.

o Injectionshahn, dessen Stange oben durch eine Oeffnung und zugleich durch den Mittelpunkt eines Zifferblattes läuft, welches unter dem Schlüssel p mit einem Zeiger versehen ist.

Manchmal ist mit dem Condensator ein Manometer verbunden, um den Grad der Dampfverdichtung erkennen und darnach den Stand des Injectionshahnes reguliren zu können; die Einrichtung eines solchen Manometers ist von derjenigen eines am Kessel oder Cylinder angebrachten verschieden, weil dieser letztere einen Ueberdruck des Dampfes über den atmosphärischen anzeigt, während der erste einen Druck erkennen lassen muß, welcher häufig nur $\frac{1}{18}$ des atmosphärischen Druckes beträgt. In der folgenden Abtheilung soll diese Einrichtung näher erklärt werden. Es ist auch keineswegs ein nothwendiges Erforderniß, daß die Dampfmaschine eines Dampfbootes mit einem solchen Instrumente versehen sei.

ss Röhre mit Hahn, um aus der Heißwassercisterne Wasser auf das Schnaubeventil hinter der Luftpumpe laufen zu lassen.

u Handpumpe, um den Kessel zu füllen (es ist eine Druckpumpe). Sie empfängt ihr Wasser von

außen durch eine Röhre 23 (siehe Fig. 184), in welcher sich ein Ventil befindet. Das Wasser wird durch die kupferne Röhre 1, 2, 3, 4, 5, 6 in den Kessel getrieben, während das Einströmen regelmäßig gemacht wird durch den Druck der Luft in der kupfernen Glocke y vor dem Pumpenstiefel u, mit welchem sie in unmittelbarer Verbindung steht, und aus welchem das Wasser in das Steigrohr 1, 2, 3, 4, 5, 6 übergeht. Die Stange v des Kolbens läuft durch einen Ausschnitt im Hebel z z, mit welchem man die Pumpe in Thätigkeit setzt, und welcher sich an einer der Stützen des eisernen Gestelles F um einen Bolzen dreht; diese Stange ist ferner durch eine Hülse w geleitet, welche für diesen Zweck in der Mitte des Kreuzes x x x x angebracht ist, welches die eisernen Gestelle von hinten verbindet.

10, 10 Trichterchen, mit feinem Werg, oder mit Watte locker gefüllt, in welche man von Zeit zu Zeit etwas Talg oder Wallrath einträgt, um die Wellen und Zapfen, welche sich in Lagern drehen, in Schmiere zu erhalten. Diese Trichterchen werden in die Mündungen der Oeffnungen gesetzt, welche durch die Deckstücke der Lager gebohrt sind, um die Schmiere auf die Hälse der Wellen oder Zapfen ablaufen zu lassen; sie brauchen nicht mit Werg gefüllt zu sein, sondern man bedeckt sie bloß mit einer Fallklappe, im Falle sie auf feste Lager oder auf die Deckstücke der Zapfenlager gesetzt werden, wie, z. B., auf die Lager der Schaufelradwelle *).

*) Es wird jedoch dieses Mittel nicht ausschließlich bei Schiffmaschinen angewendet, denn es liegt auf der Hand, daß es eben so gut anwendbar ist, oder angewendet wird bei Fabrik- und anderen Maschinen (ohne daß diese eben Dampfmaschinen zu sein brauchen), obschon es früher versäumt worden ist, über diesen Punkt einige Erwähnung zu thun.

11, 11 Querstangen zur Verbindung der eisernen Gestelle, sowohl gegenseitig, als mit den Schiffswänden.

Zur Erklärung der innern Construction des Cylinders, der Dampfkammer, des Condensators nebst der Warmwassercisterne und der Luftpumpe sind diese Theile nach einem kleinern Maßstabe in Fig. 187 vereinigt und im senkrechten Durchschnitte dargestellt.

A A Dampfcylinder. B B Fußgestell, welches auf den Grundschwellen des Bodens befestigt, und auf welches der Cylinder gestellt wird; C C Kreuzrippen, mit welchen der Boden des Cylinders verstärkt ist. D Dampfkolben, dessen Stange E dampfdicht durch die Stopfbüchse F auf dem Deckel des Cylinders läuft. G kurzer Mantel um den Cylinder, der zugleich als Canal dient, durch welchen der Dampf aus dem Kessel eintritt, um von hinten bei I in die Dampfkammer H zu strömen.

H Dampfkammer, in welcher die Schieberventile K und L thätig sind. a b c d ebene Platte, mit dem Cylinder verbunden, an welche die ebene Hinterplatte der Dampfkammer angeschraubt wird; bei I ist in dieser Platte eine viereckige Oeffnung, welche zugleich die Oeffnung des Mantels G ist, aus welcher der Dampf durch eine gleich große viereckige Oeffnung, angebracht in der Hinterwand der Dampfkammer, in die Dampfkammer fließt.

e und f die Dampföffnungen, durch welche der Dampf in und aus dem Cylinder tritt. g und h, die Oeffnungen der Canäle, welche den Dampf nach dem Condensator leiten (vergleiche Taf. IV. Fig. 33 Nr. 2, 3 und 4). i, k gebogene Röhre, das Ende der eben genannten Canäle bildend und bei k an die Mündung des hohlen Bodens l m n o p q r s t zwischen den zwei mehr erwähnten Grundschwellen der Ma-

schine geschraubt; auf diesem Theile des Bodens steht der Condensator MNO und die Luftpumpe RT.

m, n Oeffnung des Bodens, durch welche der Condensator M mit dem Raume unter dem Boden communicirt. u Ende der Injectionsröhre. vw Deckplatte einer viereckigen oder ovalen Oeffnung in der vordern Wand des Condensators, um in denselben gelangen zu können; NO oval, oder schräg zulaufende obere Wand des Condensators.

no schräg zulaufende Scheidewand, in welcher sich eine viereckige Oeffnung befindet, auf welcher das metallene Klappenventil P liegt und mit Keilen Q festgestellt wird. Durch dieses Klappenventil wird, wie gewöhnlich, die Communication zwischen dem Condensator und der Luftpumpe aufgeschlossen und abgesperrt.

R unteres Ende des Luftpumpenstiefels, welcher durch eine runde Oeffnung der Deckplatte des Bodens lmqrt versenkt ist und bei p und q mit einem vortretenden Rande auf der genannten Deckplatte ruht und befestigt ist. S Luftpumpenkolben mit nach oben sich öffnenden Klappenventilen xx; die Stange T dieses Kolbens dringt luftdicht durch die Stopfbüchse y des Deckels der Luftpumpe. Bei U ist mit dem Luftpumpenstiefel ein kurzer, flacher Canal verbunden, dessen Ränder an die Wand der Warmwassercisterne v geschraubt sind, wodurch die Luftpumpe mit der Warmwassercisterne communicirt; innerhalb dieser Cisterne hat der eben genannte Canal ein Mundstück erhalten, welches mittelst der schräg liegenden Klappe z bedeckt wird.

W ist die kupferne Mündung der Warmwassercisterne.

Y Oeffnung in der Wand (an der Steuerbordseite) der Warmwassercisterne, durch welche das warme Wasser in die Speisepumpe fließt. Z Mündung der

viereckigen kupfernen Röhre, welche aus der Warmwassercisterne durch die Schiffswand läuft, um das überflüssige Wasser abzuführen.

X Schnaubeventil, aus einem nach oben spielenden Kegelventile bestehend, dessen Spindel, mittelst eines Bügels und einer Oeffnung in demselben, vertical geleitet wird. Dieses Ventil ist immer mit Wasser bedeckt, welches aus der Warmwassercisterne durch eine mit einem Hahne versehene Röhre s s, Fig. 183, ablaufen kann.

Obschon die folgende Abtheilung Beschreibungen enthalten soll von den besonderen Einrichtungen, durch welche die abwechselnde Communication des Cylinders mit dem Kessel und mit dem Condensator hergestellt wird, so ist es nothwendig, hier kürzlich die Einrichtung der Schiebeventile anzugeben, welche man bei den Dampfmaschinen der Dampfboote häufig statt der Schubladenventile findet. Ein solches Ventil stellt Fig. 188 im Durchschnitte dar.

A der Cylinder. B Mantel, welcher bloß als Canal dient, um den Dampf in die Dampfkammer übertreten zu lassen, obschon er auch, wie eben hier angegeben ist, von hinlänglicher Extension sein kann, um zugleich die Stelle des Mantels zu vertreten, welcher die Temperatur des Dampfes im Cylinder erhält.

C Oeffnung in der festen Platte, die mit dem Cylinder verbunden ist, um den Dampf aus dem Mantel in die Dampfkammer D übertreten zu lassen.

D E Dampfkammer, deren hintere Platte a e g, wie gewöhnlich, an der festen Platte des Cylinders anliegt. Diese Dampfkammer hat im Durchschnitte die Gestalt eines halbkreisförmigen Cylinders und ist ganz hohl, ohne weitere Canäle zu enthalten; sie hat dann auch von unten durch den platten Canal e f eine unmittelbare Communication mit dem Con-

densator G, auf welchem die Warmwassercisterne H steht.

In die hohle Dampfkammer paßt genau ein hohles und halbcylindrisches Stück I K, oben bei I und unten bei K ganz offen, übrigens in der Wand ohne Oeffnungen. Die Vorderseite ist eben und schließt mit zwei vortretenden Flächen bei h und g auf der ebenen kupfernen Belegung der ebenen Vorderplatte der Dampfkammer. Die genannten Ebenen sind auf's Vollständigste abgeschliffen, oder mit eben geschliffenen kurzen Platten belegt, welche die Dampföffnungen e und f gänzlich bedecken können. Dieses Stück heißt ein Schiebeventil. Die Stange dieses Ventiles ist in den Hälsen IK befestigt und läuft dampfdicht durch die Stopfbüchse L des Deckels a b der Dampfkammer. Diese Stange wird nun mittelst eines Excentricums auf die gewöhnliche Weise auf- und niederbewegt.

Wie sich aus der Figur ergiebt, steht das Ventil oben bei c (und eben so auch unten) nur auf einen kleinen Raum in Berührung mit der Wand der Dampfkammer; doch über den Bändern c ist eine Liederung von in Oel getränktem Werge w w angebracht, welches durch metallene halbe Monde k k festgehalten wird, die um das Ventil gelegt und jeder mit zwei Schrauben d, die zu beiden Seiten aus der Dampfkammer hervortreten, geklemmt und angedrückt sind.

Man begreift deßhalb, daß das Ventil sowohl oben, als unten auf die Extension der Wergliederung von außen ganz verschlossen ist, so daß an diesen Stellen kein Dampf durchdringen kann. Der Dampf kann das Ventil auch im ganzen Raume C i i zwischen den Liederungen ganz umgeben; wenn aber das Ventil, z. B., niedergeschoben ist (wie in der Figur angegeben ist), so daß die Ebene g unter den Rand

der untern Dampföffnung gekommen ist, so kann der Dampf von C unmittelbar in den Cylinder unter den Kolben treten.

Zugleich ist die obere Dampföffnung e ganz offen, und der benutzte Dampf kann deßhalb austreten und durch den hohlen Schieber IK — der hier gleichsam die Stelle einer Röhre vertritt und in der That auch nichts Anderes ist, als eine bewegliche halbrunde Röhre — nach dem Condensator abziehen. Wird das Ventil aufgezogen, dann tritt der Dampf oben in den Cylinder, und der Dampf, welcher unter dem Kolben wirksam gewesen ist, fließt durch die untere Dampföffnung f nach dem Condensator, obschon dieses Entweichen dann unmittelbar, d. h. nicht durch das Dampfventil IK, geschieht. Mit dieser Einrichtung ist der Vortheil verbunden, daß der Cylinder nicht unten mit einem Evacuationshahne versehen zu sein braucht, um das unter dem Kolben gebildete Wasser ausleeren zu können; denn wenn das Schiebeventil aufgezogen ist, so entweicht dieses Wasser zugleich mit dem Dampfe, der unter dem Kolben wirksam gewesen ist, von selbst in die Röhre EF des Condensators.

Es muß jedoch hier eine besondere Communication zwischen der Dampfkammer C und dem Condensator bestehen können, damit man bei'm Anlassen der Maschine den Condensator von Luft befreien kann u. s. w.; denn der Dampf kann von C nicht in den Condensator übertreten, ohne erst im Cylinder gewesen zu sein. Diese besondere Communication wird nun bewerkstelligt durch eine von Außen angebrachte gebogene Röhre lnm; sie ist mit dem Mantel der Dampfkammer zugleich gegossen und bildet mit demselben ein Ganzes. Sie enthält ein metallenes Kegelventil n, dessen Stange nop durch eine Stopfbüchse o geht und bei p mit zwei Kniestücken oder Armen pq ver-

bunden ist, die an der kurzen Welle q sitzen. Die Hälse dieser Welle drehen sich in metallenen Lagern, und letztere sind in zwei Stühlen befestigt, die an der vordern Wand der Warmwassercisterne H ebenfalls befestigt sind; außerhalb dieser Lager sitzt an der Achse eine Kurbel, mit welcher der Maschinist die Welle drehen kann, um das Ventil n zu heben oder niedergehen zu lassen. Wenn nun der Dampf unmittelbar in den Condensator gelassen werden soll, so ziehe man das Schiebeventil I K auf und hebe zugleich das Ventil n, wodurch alsdann der Dampf von C hinten um den Schieber herum durch i i l n m in die horizontale Röhre E F strömen und den Condensator füllen wird; um diesen Zufluß gänzlich abzuschneiden, braucht das Ventil n nur niedergedrückt zu werden.

Um die Beschreibung der gewöhnlichen Dampfschiffmaschinen von niederem Drucke zu vollenden, sind nun zum Schlusse noch einige Erklärungen der besonderen Formen und Einrichtungen einiger Theile oder Mechanismen erforderlich, welche weiter oben bloß im Vorbeigehen genannt oder angegeben worden sind.

a) In Bezug auf den Cylinder ist hier allein zu bemerken, daß derselbe gemeiniglich kürzer sein muß, als bei irgend einer andern Dampfmaschine, weil der Raum in der Höhe meistentheils nicht ausreichend ist für einen langen Kolbenzug; weil ferner bei einem langen Kolbenzuge die Anzahl der Umdrehungen der Schaufelräder kleiner werden muß; und weil auch sonst die Länge der Kurbel zu sehr vergrößert wird im Vergleiche zur Länge der Kurbelstange.

Die Dampfmaschinen von niederem Drucke, welche auf Booten zur Fortbewegung derselben angewendet werden, arbeiten immer mehr oder weniger mit Expansion, oder vielmehr die Zeit, während wel-

cher der Kolben bei jedem Zuge durch den sich expandirenden Dampf getrieben wird, ist häufig länger, als dieselbe für eine Fabrikdampfmaschine von niederem Drucke bestimmt werden kann; meistentheils arbeitet der Kolben auf $\frac{7}{8}$ seines Laufes mit vollem Drucke. Es findet also für das Ablaufen oder für das Ausfließen des Wassers, welches im Cylinder nach und nach entsteht, keine so gute Gelegenheit Statt. Das Wasser, welches sich unter dem Kolben sammelt, kann immer ohne einige Behinderung entweder durch eine mit einem Hahne versehene Röhre, oder durch die untere Dampföffnung, so lange dieselbe geöffnet ist, abgeleitet werden und zwar ganz bestimmt, wenn die Maschine mit einem Schiebeventile, Fig. 188, versehen ist. Aber die Ableitung des Wassers, welches über dem Kolben erzeugt ist, ist nur sehr schwierig mittelst einer mit Hahn versehenen Röhre zu bewerkstelligen und kann auch nicht durch die obere Dampföffnung geschehen, weil diese bereits geschlossen ist, bevor der Kolben so hoch gehoben ist, daß das Wasser durch diese Oeffnung ausgeführt werden kann. Diese Ableitung muß jedoch von Zeit zu Zeit Statt finden, weil bei einer Anhäufung des Wassers der Kolben gehindert werden kann, seinen ganzen Zug zu vollbringen; und hierdurch wird nicht allein eine Hemmung des Ganges der Maschine, sondern gewiß auch ein Zertrümmern des Cylinderdeckels oder des Galgens der Kolbenstange u. s. w. entstehen müssen.

Um nun das über dem Kolben sich bildende Wasser abzuleiten, bringt man auf dem Cylinderdeckel eine Art von Ventil an, welches bei'm Hube des Kolbens durch den Andrang des Wassers geöffnet wird, und durch welches dann das Wasser sich ergießt. Für diesen Zweck kann ein solches Ventil unter andern auf die folgende Weise eingerichtet sein (siehe den

Durchschnitt Fig. 189). Im Cylinderdeckel ist irgendwo nahe an dessen Umfang eine runde Oeffnung A B angebracht, über welche auf dem Deckel die kupferne Büchse C D E F geschraubt ist; diese Büchse wird mit dem Schraubendeckel E F G verschlossen. In dieser Büchse befindet sich das metallene Kegelventil a b, mit einem Schwanzstücke e versehen, welches durch eine Oeffnung in einem festen Stege c d geleitet wird. Ferner hat dieses Ventil einen Kopf f g und eine kurze Spindel h i, um welche die kupferne Spiralfeder k k gelegt ist, die oben gegen den Deckel E F G sich stützt und auf den ebenen Kopf f g drückt, um das Ventil a b geschlossen zu halten. H I K ist eine ebene, viereckige, offene Röhre mit einem Knie I K von einer willkürlichen Länge und an der äußern Wand des Cylinders hinablaufend.

Wenn nun das Wasser über dem Kolben bis zu einer solchen Quantität angewachsen ist, daß es in die Oeffnung A B tritt, nachdem der Kolben seinen Lauf beinahe vollbracht hat, so muß bei der Fortsetzung des Kolbenlaufes das Ventil a b durch das Anstoßen des Wassers geöffnet werden; das Wasser muß folglich einen Ausgang finden und durch die Röhre H I K in den Behälter ablaufen können, in welchem die ganze Maschine, so zu sagen, steht.

b) Der Condensator communicirt mit der Dampfkammer durch einen Boden, auf welchem er steht. In diesen Boden ist zugleich die Luftpumpe gesetzt u. s. w. Der Grundriß des Bodens ist gegeben in Fig. 190, Nr. 1; Fig. 190, Nr. 3 giebt einen Aufriß desselben, wenn man die Maschine von hinten betrachtet; Fig. 190, Nr. 2 giebt einen Durchschnitt über die Mitte nach der Linie X Y.

A B und C D sind zwei platte, mit Rändern umgebene Arme, welche auf den Grundschwellen des Bootes liegen, und auf welche die zwei Füße F', F'

der eisernen Gestelle F, F, Fig. 183, gestellt werden; die Löcher 5, 5, 6, 6 nehmen Schraubenbolzen auf, mit welchen die genannten Füße befestigt werden.

E F Mündung des Bodens, welche mit dem horizontalen, platten Canale verbunden wird, der eine Verlängerung der Dampfkammer bildet. E G ein platter Canal, durch welchen der benutzte Dampf mit dem Boden communicirt.

H I K L Oeffnung, über welche die Kammer des Condensators gestellt wird, und durch welche der Condensator mit dem Boden communicirt. L M Oeffnung, in welche der offene Boden des Luftpumpenstiefels eingelassen wird. N Oeffnung für das Schnaubeventil. P Q Substanz des Bodens zwischen den Grundschwellen der Maschine. 1, 2, 3, 4 Löcher für die durchlaufenden Schraubenbolzen, mit welchen der Condensator auf dem Boden befestigt wird.

a und b zwei feste Stützen, gegen welche das Fußventil angekeilt wird; sie sind selbst keilförmig, wie bei a c, Fig. 190, Nr. 2, angegeben ist. d eine feste Leiste, gegen welche sich die untere Seite des Fußventiles stützt.

Für die Gestalt und Stellung des Fußventiles dienen die Figg. 191, Nr. 1 bis 4 zur Erläuterung.

f g . . . o p, Fig. 191, Nr. 1, Boden; i k l m n Durchschnitt des Fußventiles, welches sich oben gegen die schräg ablaufende innere Wand g h legt, die mit der Deckplatte des Bodens verbunden ist und unten an eine durchlaufende Leiste sich stützt. a c feste Stützen; d e eiserner Keil, zwischen die Stützen a c und den stehenden Rand des Fußventiles geschlagen, um letzteres zu befestigen. k k, n n (Fig. 191, Nr. 1, 2, 3 und 4) Platte oder Wand, mit einer Flantsche i in der Mitte an die innere Wand g befestigt und mit einer viereckigen Oeffnung s t u v versehen, welche durch das Fußventil geschlossen werden muß. Für

diesen Zweck sind an der andern Seite mit der genannten Platte zwei stehende Ränder q r (Fig. 191, Nr. 2 und 3) verbunden, zwischen welchen das schräg liegende metallene Fußventil l m thätig ist, indem es sich um zwei Zapfen q q dreht, welche in den halbrunden Vertiefungen der stehenden Ränder q r liegen. Die größte Oeffnung des Ventiles ist bestimmt durch den Punct h der schräg ablaufenden innern Wand g h des Bodens.

c) Abgesondert ist der Condensator von der Seite von hinten, von vorn und von unten dargestellt in den Fig. 192, Nr. 1, 2, 3 und 4. A B C Seitenwand des Condensators; D E E D hintere Wand; F G G F vordere Wand; H I K L Boden mit einer durchgehenden Oeffnung, welche über die Ränder der eben so großen Oeffnung gestellt wird, die sich im Bodenstücke Fig. 190, Nr. 1 befindet, und durch welche der benutzte Dampf in den Condensator gelangen kann. M N viereckige oder ovale Oeffnung in der vordern Wand des Condensators, um der Reinigung oder anderer Zwecke halber in den Condensator gelangen zu können. Diese Oeffnung wird mit einer viereckigen oder ovalen Platte geschlossen. O längliche Oeffnung in der Hinterwand über der Mittelwand des Condensators und durch welche die Luftpumpe mit der Warmwassercisterne (von welcher die genannte Mittelwand, so zu sagen, der Boden ist) in Communication stehen muß. B runde oder viereckige Oeffnung in der Hinterwand, um den Injectionshahn einzusetzen. 1, 2, 3, 4 Büchsen, durch welche Schraubenstangen laufen, die den Condensator mit der Warmwassercisterne an den Boden der Maschine befestigen.

P und Q feste, gegossene und abgedrehte Zapfen, um welche sich auf jeder Seite der Maschine die beiden Balanciers drehen.

Die Balanciers selbst bestehen meistentheils aus zwei geschlagenen Blättern O O, Fig. 183, die voneinander einen solchen Abstand haben, als nöthig ist, um die Enden der verschiedenen Stangen, welche mit den Balanciers mittelst der Zapfen i k l m verbunden sind, gehörig zu umfassen. Rings um die feste Spindel herum, um welche sie sich drehen, werden sie mit vier und mehr Bolzen g, g, g, g gekoppelt, und um die Spindel selbst herum sind sie mit Schraubenmuttern h h, oder mit Vorstecknägeln, oder mit schweren Lünzen festgeschlossen.

Wenn die Blätter der Balanciers eine ansehnliche Dicke haben müssen, so werden sie zusammengesetzt aus zwei oder mehr aufeinander geschweißten Blättern, die übrigens am Rande noch mit Nietnägeln vereinigt werden (vergl. Fig. 210).

d) Weiter oben ist erwähnt worden, daß die Speisepumpe mit der Luftpumpe verbunden, und daß ihr Kolben zugleich mit demjenigen der Luftpumpe bewegt wird. Um dieses näher zu erläutern, ist zuerst die Luftpumpe ꝛc. in einem Aufrisse von hinten besonders dargestellt in Fig. 193.

A Luftpumpenstiefel; B unteres Ende des Pumpenstiefels, welches eingelassen wird in die Oeffnung L M, Fig. 190, des Bodenstückes, auf welches der Pumpenstiefel mit dem festen Rande a b zu sitzen kommt und befestigt wird. C Kolbenstange der Luftpumpe, an deren Kopf G der Galgen H D E I befestigt ist. H K und I L niedersteigende Stangen, welche den Galgen der Luftpumpenstange mit den Balanciers verbinden, deren Blätter hier bei o d und o f im Durchschnitte dargestellt sind. M N Stiefel der Speisepumpe, sowohl auf dem Rande a b, als auch auf dem obern Rande m n des Luftpumpenstiefels mit einem Kragen aufruhend und befestigt.

O Taucherkolben der Speisepumpe. h g Kolbenstange, welche durch eine gebohrte Büchse D des Galgens der Kolbenstange der Luftpumpe läuft und mit diesem Galgen durch eine Klemmschraube p verbunden ist, welche zu gleicher Zeit dazu dient, die Pumpe nach Beschaffenheit der Umstände frei zu lassen oder fest zu schließen. k i l eine Stange, welche bei E durch eine gebohrte Büchse des Galgens H D E I läuft, und längs welcher der Galgen in einer verticalen Richtung geleitet wird; sie läuft auch durch eine Büchse eines der horizontalen Arme Q der eisernen Gestelle, und die Kolbenstange der Speisepumpe wird zugleich mit dem Galgen durch eine ähnliche Büchse des andern horizontalen Armes P geleitet.

Für ein Seedampfboot muß die Luftpumpe inwendig mit Kupfer ausgekleidet werden; die Kolbenstange kann dann bestehen aus einem eisernen Kerne, umgeben mit einem ausgebohrten und auswendig abgedrehten kupfernen Ueberzuge.

Die Communication der Speisepumpe mit der Warmwassercisterne, oder vielmehr das äußere Ansehen der Einrichtung der Speisepumpe u. s. w. ist unter andern so beschaffen:

A B, Fig. 194 (die Figur giebt einen Aufriß der Speisepumpe und eines Theiles der Warmwassercisterne, von der Seite der Schiffswand genommen und nach einem größern Maßstabe dargestellt), oberer Rand des Luftpumpenstiefels mit einer Oeffnung, in welche der Stiefel C D der Speisepumpe eingelassen ist, und auf welcher dieser Stiefel mit einem Rande oder Kragen a b sitzt. E F Taucherkolben; G H Stange des Kolbens, welche durch den Galgen I der Kolbenstange der Luftpumpe läuft; K Schraube, um die Stange G H mit dem Galgen verbinden oder frei lassen zu können, welches letztere geschieht, im Falle der Kessel zu viel Speisewasser erhält.

LM Theil der Seitenwand der Warmwassercisterne, aus welcher das Speisewasser in die Pumpe fließen muß. Für diesen Zweck ist in derselben eine viereckige Oeffnung angebracht, auf welche das viereckige kupferne Stück QR geschraubt ist. Dieses Stück ist von Innen durch eine Scheidewand (in der Figur durch doppelte punctirte Linien angegeben) in zwei Fächer getheilt; in dem untern Fache befindet sich die viereckige, nach Oben spielende Klappe abcd, welche die viereckige Oeffnung in der Wand der Warmwassercisterne schließt, und im obern Fach ist eine schräg liegende, nach Innen spielende Klappe e vorhanden. NOP ist ein flacher Canal, verbunden mit der kurzen Mündung S des Stückes QR, durch welchen das Speisewasser in die Pumpe gelangt. TUV ist das Steigrohr, welches mit dem obern Fache des Stückes RQ communicirt und durch welches das Speisewasser in den Kessel getrieben wird. WX ist eine Art von Windkessel oder Luftglocke über dem viereckigen Stücke QR, mit dessen oberem Fache sie in unmittelbarer Verbindung steht.

Wenn der Kolben emporgeht, wird das Ventil oder die Klappe abcd durch den Druck der äußern Luft geöffnet, und das Wasser, welches aus der Warmwassercisterne getrieben wird, sinkt nachher aus der Mündung S in den Canal NOP. Bei dem Niedergange des Kolbens wird das Ventil abcd geschlossen, e wird geöffnet und das Wasser aus dem Canale NOP durch das obere Fach von QR in das Steigrohr TUV und von da in den Kessel getrieben, in welchen es zugleich durch die Ausdehnung der comprimirten Luft im Windkessel WX auch eingetrieben wird, wenn der Kolben aufsteigt und das Ventil ef geschlossen bleibt, so daß die Speisung des Kessels ununterbrochen erfolgt.

c. Da auf einem Dampfboote die Schieberven-

die während des Fahrens sehr häufig mit der Hand gesteuert werden müssen, so wird das Heben der Stange des Excentricums sowohl der Bequemlichkeit, als der Sicherheit und Schnelligkeit halber, auf mechanischem Wege bewerkstelligt. Der Mechanismus der Hebevorrichtung ist nun häufig folgender Art (siehe Fig. 195, welche nach einem größern Maßstabe im Grundriß und Aufriß diese Vorrichtung darstellt, die in Fig. 186 mit den Zahlen 15 bis 21 beziffert ist).

ABCDEF Ende der Stange der excentrischen Scheibe. **B** halbrunder Kragen, mit welchem die Stange den Hals t des Kniestückes umschließt, wenn die excentrische Scheibe auf die Schiebeventile wirken soll. **G** kurze Welle, um welche sich der Hebel 13, **G**, 21 dreht, indem er mit dem Ende 21 den Hals t des Kniestückes berührt, für welchen Zweck der Kragen **B** über diesem Halse auch gespalten ist. Wenn nun dieser Hebel am Ende 13 in die Höhe gedrückt wird, so muß er wirken, wie ein Hebel der zweiten Art; der Hals t dient nämlich zum Unterstützungspunct, und die Last (nämlich die Stange des Excentricums) ist bei **G** befestigt; die Stange wird also gehoben und durch die Wirkung des Excentricums gleitet sie sehr bald über den Hals t, so daß dieser sich dann in Bezug auf die Stange in dem Stande t' befindet. Um gleichwohl zu verhindern, daß der Hals t bei dem Hin- und Herschieben der Stange vom Kragen **B** wieder ergriffen werde, muß die Hebevorrichtung im aufgehobenen Zustande erhalten werden, so daß das Ende 21 die Cavität des Kragens ausfüllt und, indem es mit der untern Seite der Stange eine gerade Linie bildet, auch zugleich mit dieser Stange über den Hals t geschoben wird. Hierzu dient die Klinke 15, 16, 17, welche sich um einen Nagel 16 dreht und durch eine Oeffnung der Stange **CD**, ferner durch eine ähnliche, jedoch ge-

räumigere Oeffnung des über derselben liegenden Hebels geführt ist. Sobald der Hebel aufgehoben ist, fällt die Klinke durch eigene Schwere nach Vorwärts und unterstützt die untere Seite des Hebels mittelst des Zahnes o an ihrem obern Ende c, 17.

Soll das Excentricum wieder auf die Schieberventile wirken, so braucht man die Klinke 15, 16, 17 nur hinterwärts zu drücken; denn dann wird die Unterstützung des Hebels aufhören; er wird fallen, und der Kragen B wird sich wieder um den Hals t des mehrerwähnten Kniestückes anlegen.

Um bei einer sehr schrägen Richtung der Stange der excentrischen Scheibe zu verhindern, daß der Hebel nicht zu hoch gehoben werde, so daß die Stange also vom Halse abgleiten kann u. s. w., wird unten an das Ende AC ein plattes Band, ungefähr wie ein Bügel, mit den Schrauben a, b, b befestigt, in welchem Bügel der Hals t nur einen sehr geringen Spielraum hat, wenn die Stange gehoben ist.

Wenn die Richtung der Stange des Excentricums beinahe horizontal ist, so muß die Richtung des größten Radius der excentrischen Scheibe nur einen sehr kleinen, oder, wenn man will, einen sehr stumpfen Winkel mit der Richtung der Kurbel machen, wie im zweiten Kapitel dieser Abtheilung (vergleiche auch Fig. 35) bereits angegeben worden ist. Dieses ist jedoch keineswegs eine allgemeine Regel; denn wenn die Richtung der Stange des Excentricums mehr oder weniger schräg ist, so muß auch der genannte Winkel mehr oder weniger scharf sein, was aus der Betrachtung von Fig. 183 sich ergeben wird.

f) Wenn die Reibung der Schieberventile in Dampfmaschinen von einem großen Caliber sehr beträchtlich ist, so werden sie, statt mittelst eines einzigen Hebels, durch ein Getriebe und einen gezahnten Bogen, oder durch andere mechanische Mittel mit der

Hand gesteuert, weil nämlich der Raum, den die an einem langen Hebel wirkende Kraft durchlaufen müßte, um den Schieber zu bewegen, leicht zu groß werden könnte, als daß die Steuerung augenblicklich und leicht zu bewerkstelligen wäre.

Es seien **XY** (Fig. 196, Nr. 1, 2 und 3) die schräg ablaufenden Leisten der horizontalen Arme der eisernen Gestelle. **A** sei die Welle der Ruderräder; **B** das Excentricum; **C** das Gegenexcentricum; **BDE** die Stange des Excentricums von beinahe horizontaler Richtung; **F** die Hebevorrichtung, um den Kragen **D** des Halses **f** des Kniestückes **Ga** abgleiten zu lassen. Dieses Kniestück kann an einer Welle **aZ** sitzen, welche sich in zwei metallenen Lagern dreht, die in den Stühlen **H** auf den Leisten **XY** befestigt sind. Wegen der angenommen hohen Lage der Welle der Ruderräder können die Arme **bc**, die mit der eben genannten Welle zwischen den Drehungspuncten derselben verbunden sind, unmittelbar auf den Galgen **TU** der Stange **PS** der Schiebeventile wirken, die in der Dampfkammer **LM** thätig sind, statt daß, wie in Fig. 183 angenommeu wurde, mittelst Stangen die Bewegung auf diesen Galgen übertragen wird. Damit nun die Bewegung der Ventilstange nicht im Geringsten von der verticalen Richtung abweiche, so werden die Enden **T** und **U** (Nr. 1 und 3) des Galgens in den auf den Deckel der Dampfkammer geschraubten Leitpfosten **IK** auf jeder Seite der Stange **PS** geleitet (und im Falle der Noth kann man den Enden **T** und **U** Frictionsrollen geben); auch geschieht alsdann die Verbindung der Arme mit dem genannten Galgen durch doppelte Zapfenlager, von denen das eine Paar **c** um die Zapfen der Arme **b**, **c** und das andere Paar **d** um zwei Hälse **V**, **W**, welche in den Galgen **TU** gedreht sind, gelegt werden, während beide Paar Lager in Verbin-

dungsbänder geschlossen werden, wie man auch die oberen und unteren Gelenkbolzen der gewöhnlichen Parallelogramme zu verbinden pflegt.

Um nun die Schieberventile mit der Hand zu steuern, nachdem man die Stange des Excentricums ausgehoben hat, kann man z. B. zwischen die Arme b, c einen andern Arm ac in einer entgegengesetzten Richtung mit der Welle aZ verbinden, ferner diesen Arm mit einem gezahnten Bogen N und mit einem Gegengewichte Q versehen, um die Schieber zu balanciren; und endlich kann man in die Zähne N die Verzahnung eines Getriebes O eingreifen lassen, dessen Welle ggh in zwei festen Lagern g, g sich dreht und durch die Hebelarme R, R umgedreht werden kann.

Es leuchtet von selbst ein, daß die Schiffsdampfmaschinen von niederem Drucke, was die Stellung und die Form einiger Theile anlangt, ebenso verschieden sein können, als die gewöhnlichen Dampfmaschinen von niederem Druck, die nicht auf Booten angewendet werden.

So wendet man auch Dampfmaschinen von hohem und von mittlerem Druck zur Fortbewegung von Fahrzeugen an, und von der Einrichtung dieser Maschinen, welche auf die Grundsätze basirt ist, die in den vorhergehenden Kapiteln entwickelt sind, wird man sich durch die vorhergehenden Beschreibungen einer Dampfbootmaschine von niederem Druck einen hinlänglich deutlichen Begriff machen können.

Die hier beschriebene Maschine ist für ein größeres Schiff und zu Meeresfahrten eingerichtet; wir wollen daher hier mit Hülfe der Abbildungen der Taf. XXII. eine andere Schiffsdampfmaschine beschreiben, die nach einem eigenthümlichen System mit feststehendem Cylinder erbaut worden ist, indem der Maschinenbauer sein hauptsächlichstes Augenmerk auf

die größtmögliche Leichtigkeit aller Theile, bei hinlänglicher Stärke derselben, verwendet hat. Man kann sich davon einen Begriff machen, wenn man bedenkt, daß zwei Maschinen dieser Art, welche eine Kraft von 70 Pferden haben, mit dem gefüllten Kessel, den Rädern und sonstigem Zubehör, nicht mehr als 32000 Kilogr., oder etwa 630 Centner wiegen, d. h. auf die Pferdekraft etwa 450 Kilogr. oder 9 Centner. Es gilt das Gesagte von Maschinen für Flußdampfschiffe; bei Meeresdampfschiffen wiegt ein solcher Apparat kaum 40000 Kilogr. oder etwa 760 Centner.

Die Kessel sind cylindrisch und haben im Innern Röhren, deren Durchmesser 3 bis 3½ Zoll beträgt, bekanntlich eine Einrichtung, welche im Verhältniß zum Volum den Vortheil einer großen Heizoberfläche gewährt. Die Feuerung dieser Kessel erfolgt durch mehrere Heerde, und sie haben eine solche Einrichtung, daß die Röhren leicht gereinigt werden können. Sie erzeugen Dämpfe von 1½ bis 2 Atmosphären.

Bis jetzt haben die Maschinenbauer noch nicht die veränderliche Expansion anwenden zu können geglaubt, indem sie als Hauptrücksichten einen guten Gang und einen möglichst flachen Stand des Schiffes im Wasser annahmen; sondern die Maschinen sind im Allgemeinen mit einer fixen Expansion durch Bedeckung eingerichtet, wie es noch größtentheils bei den Locomotiven der Fall ist. Man begreift, daß man bei Dampfschiffen zum Personentransport hauptsächlich die höchste Geschwindigkeit berücksichtigen müsse, und daß der Brennmaterialien-Verbrauch nur eine Nebenfrage ist, welche für das reisende Publicum ein nur geringes Interesse hat. Die Gebrüder Cache sind daher von dem Grundsatze ausgegangen, recht leichte, feste, vollkommen ausgeführte Apparate zu erbauen, deren Betrieb sehr regelmäßig ist, und

nen, welche man jetzt zur Bewegung der Walzwerke und anderer Arbeitsmaschinen in den Eisenhütten erbaut.

In vielen Fällen ist es nicht allein vortheilhaft, die Länge des Kolbenlaufs zu vermindern, sondern auch dessen Geschwindigkeit zu vermehren. Man erbaut daher jetzt Dampfmaschinen, welche, wie bei den Locomotiven, eine Kolbengeschwindigkeit von 1,50 bis 2 Meter in der Secunde haben; sie sind zur Bewegung der Schrauben bei Dampfschiffen, oder anderer Apparate von großer Geschwindigkeit ganz besonders zweckmäßig.

Dampfvertheilung. — Der Dampf wird aus dem Kessel, der im Hintertheil des Schiffes angebracht worden ist, durch eine weite Röhre F (Fig. 222 und 225) herbeigeführt, und sie theilt sich alsdann in zwei Arme, von denen nach jeder Maschine einer läuft. Der eine Arm F' ist auf dem Grundriß, Fig. 222, sichtbar; er steht mit der Seite der Vertheilungsbüchse G in Verbindung, welche, an dem Cylinder angebracht, fast gleiche Höhe mit diesem hat, weil das Schieberventil H, welches in der Büchse befindlich ist, und durch welches die Vertheilung des Dampfes über und unter dem Kolben bewirkt wird, eine sehr breite Bedeckung hat, damit die Einströmungsöffnungen a und b geschlossen werden, sobald die Kolben auf $\frac{2}{3}$ oder $\frac{3}{4}$ ihres Laufs gelangt sind. Dadurch erreicht man während $\frac{1}{3}$ oder $\frac{1}{4}$ des Kolbenlaufs eine Expansion. Das Ausströmen des Dampfes findet durch die Seitencanäle I statt, welche den Dampf zum Condensator J führen. Das Voraneilen bei dem Einströmen findet nur auf einige Millimeter von der Höhe der Oeffnung statt; bei'm Ausströmen ist es aber bedeutender. Wir können hier über diesen Gegenstand uns nicht weiter einlassen, sondern müssen denselben als bekannt voraussez-

zen, und können dieß auch um so eher thun, da wir an andern Orten weitläuftiger darüber geredet haben.

Der abwechselnde Gang des Schiebers wird durch ein kreisrundes Excentricum **K** hervorgebracht, welches an der Krummzapfenwelle angebracht worden ist, und um welches der Ring der schmiedeeisernen Zugstange **L** liegt. Das untere Ende dieser Stange läuft in einen Griff aus und ist auf dem Knopf des Hebels **M** gehakt. Dieser Hebel dient auch dazu, den Schieber mit der Hand zu bewegen, wenn man die Zugstange losgehakt hat. Er ist zu dem Ende der horizontalen Welle **N** zurückgeführt, welche in der Mitte mit dem gabelförmigen Hebel **O** versehen ist, an dessen beiden Armen die eisernen Bänder **d** angebracht sind. An der Mitte von der Querstange dieser letztern ist die senkrechte Schieberstange **e** angehängt. Auf diese Weise wird die wiederkehrend kreisförmige Bewegung, die durch das Excentricum dem Hebel mitgetheilt worden ist, mittelst der Achse auf den gabelförmigen Hebel fortgepflanzt, und alsdann auf den Schieber, der eine wiederkehrend geradlinigte Bewegung erlangt. Eine platte Feder **d'** ist in der Mitte der Büchse befestigt und drückt gegen den Rücken des Schiebers, so daß derselbe ganz dicht auf der durch den Hobel genau geebneten Seite des Cylinders liegt. Wenn man die Zugstange des Excentricums, welche mit einem Einschnitt versehen ist, von dem Knopf **c** abhebt (Fig. 222 und 224), welches durch den Griff **r**, Fig. 226, bewirkt wird, so kann man die Vorwärts- oder Rückwärtsbewegung veranlassen, indem man das Excentricum selbst, welches sich frei auf der Krummzapfenwelle bewegt, nach der einen oder nach der andern Richtung umgehen läßt, indem das Excentrik nur dann sich mit der Krummzapfenwelle bewegt, wenn es in einen Nagel eingerückt wird, der an dieser Welle befindlich ist.

nen, welche man jetzt zur Bewegung der Walzwerke und anderer Arbeitsmaschinen in den Eisenhütten erbaut.

In vielen Fällen ist es nicht allein vortheilhaft, die Länge des Kolbenlaufs zu vermindern, sondern auch dessen Geschwindigkeit zu vermehren. Man erbaut daher jetzt Dampfmaschinen, welche, wie bei den Locomotiven, eine Kolbengeschwindigkeit von 1,50 bis 2 Meter in der Secunde haben; sie sind zur Bewegung der Schrauben bei Dampfschiffen, oder anderer Apparate von großer Geschwindigkeit ganz besonders zweckmäßig.

Dampfvertheilung. — Der Dampf wird aus dem Kessel, der im Hintertheil des Schiffes angebracht worden ist, durch eine weite Röhre F (Fig. 222 und 225) herbeigeführt, und sie theilt sich alsdann in zwei Arme, von denen nach jeder Maschine einer läuft. Der eine Arm F' ist auf dem Grundriß, Fig. 222, sichtbar; er steht mit der Seite der Vertheilungsbüchse G in Verbindung, welche, an dem Cylinder angebracht, fast gleiche Höhe mit diesem hat, weil das Schieberventil H, welches in der Büchse befindlich ist, und durch welches die Vertheilung des Dampfes über und unter dem Kolben bewirkt wird, eine sehr breite Bedeckung hat, damit die Einströmungsöffnungen a und b geschlossen werden, sobald die Kolben auf $\frac{2}{3}$ oder $\frac{3}{4}$ ihres Laufs gelangt sind. Dadurch erreicht man während $\frac{1}{3}$ oder $\frac{1}{4}$ des Kolbenlaufs eine Expansion. Das Ausströmen des Dampfes findet durch die Seitencanäle I statt, welche den Dampf zum Condensator J führen. Das Voraneilen bei dem Einströmen findet nur auf einige Millimeter von der Höhe der Oeffnung statt; bei'm Ausströmen ist es aber bedeutender. Wir können hier über diesen Gegenstand uns nicht weiter einlassen, sondern müssen denselben als bekannt voraussetz-

eisernen Rahmens V schwingen, indem sich derselbe unten um die Welle m dreht.

Parallelogramm. — Diese beiden schwingenden Balanciers haben daher keinen festen Punct und zeigen eine ähnliche Einrichtung, wie sie mehrere Maschinenbauer anwenden, nur mit dem Unterschiede, daß bei der vorliegenden Maschine der Punct l (Fig. 221) nicht an dem einen Ende, sondern mehr nach der Mitte zu liegt. Es bestehen diese Balanciers, wie schon bemerkt, aus starkem Blech, wodurch sie einerseits leichter, andererseits aber fester, als die gußeisernen Balanciers sind.

Dieselben Balanciers sind mittelst der Querstange l' mit den beiden schmiedeeisernen Gegenlenkern X verbunden, welche sich um die Achse n drehen, die sich in Ohren an den Seiten des Maschinengerüstes bewegen. Zwei Druckschrauben n' erhalten diese Achse in derjenigen Lage, welche sie im Verhältniß zu den andern beweglichen Puncten des Balanciers haben muß, und gestatten eine Regulirung dieser Puncte, indem man die Futter an den Enden der Leitungen mehr oder weniger anziehen kann.

Durch diese Einrichtung wird die schmiedeeiserne Querstange o, mit deren Mitte die Stange des Dampfkolbens verbunden ist, und welche denselben mit den Balanciers und mit der Kurbelstange E verbindet, stets in einer senkrechten Ebene geführt, der durch die Achse des Dampfcylinders geht, und zwar der ganzen Höhe des Kolbenlaufs nach. Die punctirten Linien auf Fig. 221 zeigen die Größe der Bewegungen, welche durch die verschiedenen beweglichen Theile des Parallelogramms hervorgebracht worden sind.

Das Gerüst oder Gestell der Maschine. — Die Krummzapfen D von jeder Maschine haben eine Warze von verstähltem Schmiedeeisen p, welche durch die Krummzapfenarme D durchgesteckt ist, und

Condensator und Pumpen. — Wir haben schon bemerkt, daß der den Cylinder verlassende Dampf in den Condensator J strömt, und zwar durch die beiden Röhren I. Er wird daselbst durch den kalten Wasserstrahl, der durch die Brause f hineingelangt und sich in Form eines Regens darin vertheilt, sofort verdichtet. Das Condensationswasser wird fortwährend durch die Luftpumpe P gehoben, indem es aus dem Condensator mittelst des unten angebrachten broncenen Klappenventils in die Kolbenröhre gelangt, alsdann durch die Klappenventile des Kolbens O geht, und zuletzt durch das obere Klappenventil h, welches mit dem Recipienten R in Verbindung steht. Aus diesem letztern wird das Wasser mittelst einer Röhre i aus dem Schiffe geschafft.

Auf beiden Seiten der Luftpumpe sind zwei Pumpen von gleichem Durchmesser angebracht, von denen die eine T zur Speisung des Kessels, die andere T' zum Ausschöpfen des Wassers aus dem Schiffsraume, oder zur Speisung des Decks mit Wasser, oder zur Füllung des Kessels dient, sobald er ganz frisch gefüllt werden muß.

Es ist leicht zu erkennen, daß die Kolben dieser Pumpen ihre Bewegung von der schmiedeeisernen Querstange k erhalten, an welcher auch die Kolbenstange der Luftpumpe sitzt, und welche nach beiden Seiten verlängert ist, um mit den Kolbenstangen der beiden kleinen Pumpen verbunden werden zu können. Damit diese Querstange und folglich auch die verschiedenen Kolbenstangen eine genau senkrechte Bewegung erhalten, wird sie durch die beiden Stangen j geführt. Zwei kurze Lenkstangen mit Bügeln und Futtern U sind mit der Querstange k verbunden und verbinden diese mit den beiden beweglichen Balanciers C, welche, ihrerseits durch die Querstücke l verbunden, um den obern Theil des senkrechten guß-

der hohen Kante stehen und auf dem Boden des Schiffes durch Winkeleisen q (Fig. 221 und 223) festgehalten werden. Consolen oder Supports mit Verstärkungsrippen D' sind ebenfalls an dem Gerüst Z^2 angebracht und auf dem Condensator festgeschraubt, um einerseits die Zapfen von der horizontalen Welle N, welche die Bewegung der Schieber-Excentriken überträgt, und andererseits die Zapfenlager von der Achse des schwingenden Rahmens V aufzunehmen.

Breite Streifen von starkem Blech E' sind zu beiden Seiten mit den großen Supports Z' mit Schraubenbolzen verbunden und verlängern sich bis außerhalb des Schiffes, woselbst sie sich vereinigen, um die Zapfenlager der Welle, nahe an den Naben des Rades, zu tragen. An den Wänden des Schiffs festgeschraubt, und auch noch durch die schmiedeeisernen Arme F' unterstützt, lassen diese Blechstreifen für die Festigkeit nichts zu wünschen übrig, obgleich die Ruderräder an den Enden ihrer Naben keinen Ruhepunct haben.

Die Ruderräder. — Von allen Systemen der Ruderräder, welche für Dampfschiffe vorgeschlagen worden sind, haben die Herren Sache die einfachsten, wohlfeilsten, am Leichtesten aufzustellenden und zu reparirenden Ruderräder ausgewählt. Sie haben auch hierbei das Gewicht möglichst zu vermindern, dagegen die Stärke und die Festigkeit beizubehalten gesucht, welche bei diesen Apparaten von so großer Wichtigkeit sind. Die Ruderräder haben daher die ganz gewöhnliche Form, gerade Schaufeln und sind zu beiden Seiten des Schiffs angebracht.

Man ersieht aus den Figuren 221 und 223, daß sie aus einer starken gußeisernen Nabe G' bestehen, welche die Form einer großen Scheibe mit einer Kehle an der Peripherie haben, und um welche

an welcher die Lenkstange E hängt. Diese Lenkstangen bestehen bei den Schiffsdampfmaschinen immer aus Schmiedeeisen, damit sie bei dem möglichst kleinsten Gewicht die größte Festigkeit darbieten. Auch die Arme der Krummzapfen bestehen aus Schmiedeeisen und sind mit großer Sorgfalt mit den Enden der Welle V' verbunden, die ebenfalls aus Schmiedeeisen und aus 3 Theilen besteht, von denen der mittlere die beiden Maschinen verbindet und die Excentriken zur Bewegung der Schieberventile trägt; die beiden andern Theile der Welle tragen die Ruderräder. Diese drei Theile der Welle, welche durch die Kurbeln verbunden sind, werden von 6 Zapfenlagern Z, getragen, von denen zwei in der Nähe der beiden Radnaben, und die übrigen in der Nähe der Krummzapfen befindlich sind. Alle diese Theile müssen mit der größten Genauigkeit angefertigt und in eine eben so genaue Lage gebracht werden, damit alle Mittelpuncte in einer und derselben geraden Linie befindlich sind, indem nur auf diese Weise eine recht leichte Bewegung hervorgebracht werden kann.

Die Zapfenlager der Kurbeln sind an dem gußeisernen Gerüste Z' befestigt, welches unmittelbar auf den Seiten des Dampfcylinders steht. Derselbe ist zu dem Ende mit senkrechten Verstärkungsrippen A' versehen, so daß das Gerüst nur aus den nothwendigen und möglichst leichten Stücken besteht, dagegen aber hinlänglich fest ist, um der Belastung, sowie um Stößen und Erschütterungen, widerstehen zu können.

Der Dampfcylinder, der Condensator und die Kolbenröhre der verschiedenen Pumpen stehen auf einer langen und starken gußeisernen Platte B', welche zur Aufnahme der ganzen Maschine dient, welche unten durch einige Leisten oder Rippen verstärkt ist und auf schmiedeeisernen Stäben C' ruht, die auf

rechnen nur 2 □Decimeter auf die Pferdekraft, andere 3 und mehr.

Der Röhrenkessel. — Die Herren Sache haben seit mehreren Jahren zur Erzeugung der Dämpfe in ihren Schiffsapparaten Röhrenkessel angewendet, sowie es schon mehrere Maschinenbauer bei den Schiffen der französchen Marine gethan haben, wo man jetzt, wie auch früher schon in England, von den Kesseln mit geraden Wänden gänzlich abzugehen scheint. Die von den Herren Sache befolgte Einrichtung hat einige Aehnlichkeit mit der bei den Locomotivkesseln. So ist der Körper des Kessels, welcher die Röhren enthält, cylindrisch, der vordere Theil dagegen, welcher den Heerd enthält, ist viereckig und nur oben mit einem cylindrischen Theil versehen. Von dieser Art ist der in den Figg. 224 und 225 dargestellte Kessel, von welchen die eine einen senkrechten Durchschnitt durch die Achse des Apparats, und die andere einen Querschnitt etwas hinter dem Roste darstellt.

Dieser Kessel hat 4 Heerde M′, welche, wiewohl ein jeder für sich gefeuert wird, alle mittelst eines Quercanals N′ mit einander in Verbindung stehen, damit die entwickelnde Flamme, die Gase und die verbrannte Luft zusammen in allen horizontalen Röhren O′ strömen, welche sämmtlich in diesen Canal ausmünden. Diese Röhren, deren es 82 giebt, sind ohngefähr 2,30 Meter (7½ Fuß) lang, und fast 10 Centimeter (4 Zoll) weit. Sie sind von allen Seiten von Wasser umgeben und öffnen sich am andern Ende in dem Raume P¹, den man nach Belieben mittelst einer eisernen Thür öffnen kann, die aus 2 Theilen besteht und durch P² bezeichnet worden ist. Dadurch ist es möglich, die Röhren, sobald es erforderlich ist, mit Leichtigkeit zu reinigen. Ueber dieser Rauchkammer ist die blecherne Esse Q′ angebracht,

die unten viereckig ist, sehr bald aber eine cylindrische Form annimmt. Sie hat eine solche Einrichtung, daß sie etwas umgelegt werden kann, welches erforderlich ist, wenn das Schiff unter Brücken durchgehen soll.

Die Roste eines jeden Heerdes bestehen aus zwei Reihen von Roststäben R', welche eine geneigte Lage haben, wie es Fig. 225 zeigt. Sie konnten jedoch hier nur durch punctirte Linien dargestellt werden, indem der Durchschnitt nach einer senkrechten Ebene gemacht worden ist, die mitten durch den engen Raum geht, der zwischen zwei Heerden befindlich ist. Der Dampf wird in einem oberen Behälter s' aufgefangen, der über dem Kessel befindlich ist und die gekrümmte Röhre F enthält, welche man soviel als möglich über den Wasserstand erhebt, damit der Dampf so wenig als möglich Wassertheilchen in die Dampfleitungen mit hineinnimmt. Auf diesem Behälter bringt man auch die Sicherheitsventile und die anderen nöthigen Nebentheile eines Kessels an.

Nach den Dimensionen, welche die Maschinenbauer diesem Kessel gegeben haben, findet man, daß die unmittelbare Heizoberfläche der Heerde beträgt 26 □Met.,
die der Röhren . . . . 91 „
folglich die ganze Heizoberfläche . 117 □Met.

Es entspricht dieß einer Heizoberfläche von 117 : 70 = 1,67 □Meter auf die nominelle Pferdekraft.

Wenn man, wie bei den Locomotiven, annimmt, daß man dreimal mehr Heizoberfläche für die Röhren, als für den Heerd haben muß, um gleiche Dampfmenge hervorzubringen, und wenn man daher die 91 □Meter der Röhren auf 30 □Meter directe Oberfläche reducirt, so findet man 56 □Meter für die ganze reducirte Heizoberfläche.

Auf Dampffahrzeugen wendet man auch wohl Maschinen mit schrägen und mit horizontalen, oder liegenden Cylindern an, welche einen längeren Kolbenzug zulassen, als die Maschinen mit stehenden Cylindern. Die Mängel, denen die Maschinen mit horizontalen Cylindern unterliegen, einmal bei Seite gesetzt, ist die Anwendung dieser Maschinen zur Fortbewegung der Fahrzeuge höchst vortheilhaft, sowohl was ihre einfache Einrichtung anlangt, als auch den wenigen Raum, den sie einnehmen. Denn wenn die Achsen der Cylinder in der Höhe der Welle der Schaufelräder liegen (vergl. Fig. 143), so ist unter denselben noch sattsamer Raum vorhanden, um zwei cylindrische Kessel zu stellen, deren Länge diejenige der Maschinen nicht zu überschreiten braucht, so daß der Raum, den die Maschinen und die Kessel einnehmen, noch geringer werden kann, als derjenige, den sie bei der gewöhnlichen und oben beschriebenen Einrichtung haben müssen, selbst auch für den Fall, daß die Maschinen ebenfalls von hohem Drucke wären. Die Form und die Stellung der Kessel stimmt in dem hier angenommenen Falle mit Dem überein, was weiter oben mit Hülfe von Fig. 181 abgehandelt worden ist. Die Feuercanäle beider Kessel endigen sich in derselben Schornsteinröhre, die am Ende zwischen den beiden Kesseln liegt; vor dieser Schornsteinröhre läuft die Abzugsröhre des Dampfes aus den Sicherheitsventilen, die in den Büchsen in einiger Höhe auf die Kessel vor die Schornsteinröhre gestellt sind und durch schräg niedersteigende Röhren mit den Dampfräumen der Kessel communiciren.

Aus den Kesselhauben laufen die Dampfröhren mit Kniestücken nach den Dampfkammern; und der benutzte Dampf tritt durch zwei niedersteigende Canäle in einen kleinen Cylinder, welcher zwischen den beiden Kesseln liegt und außerhalb des Schiffes mit

Wasser gefüllt erhalten wird. Dieses Wasser, welches die Abzugsröhren des Dampfes im genannten Cylinder umringt, wird durch den benutzten Dampf erwärmt und dann in den Kessel getrieben, durch zwei Speisepumpen, deren Kolbenstangen durch zwei excentrische Scheiben an der Welle der Schaufelräder, unter welcher Welle die Speisepumpen dann auch liegen rc., auf- und niederbewegt werden.

Ueber das zweckmäßigste System der Schiffsdampfmaschinen herrscht bis jetzt in England die größte Verschiedenheit der Ansichten, und man findet dort fast eben so viele verschiedene Systeme der Art, als es Maschinen giebt.

Die dort am Meisten im Gebrauch sich befindenden Schiffsdampfmaschinen lassen sich unter 2 Hauptklassen bringen, nämlich: Balanciermaschinen und direct wirkende Maschinen.

Jedes dieser Systeme hat für gewisse Zwecke seine besonderen Vorzüge, aber auch seine Nachtheile.

Balanciermaschinen waren bis vor mehreren Jahren für Seedampfschiffe fast ausschließlich im Gebrauche, und dieselben finden auch jetzt noch unter den angesehensten Maschinenbauern Englands Vertheidiger, deren Urtheile in Folge langjähriger Erfahrung von Gewicht sind.

Es ist nicht zu leugnen, daß Balanciermaschinen, bei einem gut geordneten Gleichgewichte der einzelnen Theile und einem damit in Verbindung stehenden geregelten Gange, manche Vorzüge gegen die direct wirkenden haben. Jedoch ist wieder nicht in Abrede zu stellen, daß der Mechanismus der Balanciermaschinen sehr complicirt ist, daß ihre Aufstellung einen größeren Raum in der Länge des Schiffes wegnimmt, als dieß bei directwirkenden der Fall, und daß ihr Gewicht bedeutend größer ist, als das von gleich kräftigen directwirkenden.

Auf Dampffahrzeugen wendet man auch wohl Maschinen mit schrägen und mit horizontalen, oder liegenden Cylindern an, welche einen längeren Kolbenzug zulassen, als die Maschinen mit stehenden Cylindern. Die Mängel, denen die Maschinen mit horizontalen Cylindern unterliegen, einmal bei Seite gesetzt, ist die Anwendung dieser Maschinen zur Fortbewegung der Fahrzeuge höchst vortheilhaft, sowohl was ihre einfache Einrichtung anlangt, als auch den wenigen Raum, den sie einnehmen. Denn wenn die Achsen der Cylinder in der Höhe der Welle der Schaufelräder liegen (vergl. Fig. 143), so ist unter denselben noch sattsamer Raum vorhanden, um zwei cylindrische Kessel zu stellen, deren Länge diejenige der Maschinen nicht zu überschreiten braucht, so daß der Raum, den die Maschinen und die Kessel einnehmen, noch geringer werden kann, als derjenige, den sie bei der gewöhnlichen und oben beschriebenen Einrichtung haben müssen, selbst auch für den Fall, daß die Maschinen ebenfalls von hohem Drucke wären. Die Form und die Stellung der Kessel stimmt in dem hier angenommenen Falle mit Dem überein, was weiter oben mit Hülfe von Fig. 181 abgehandelt worden ist. Die Feuercanäle beider Kessel endigen sich in derselben Schornsteinröhre, die am Ende zwischen den beiden Kesseln liegt; vor dieser Schornsteinröhre läuft die Abzugsröhre des Dampfes aus den Sicherheitsventilen, die in den Büchsen in einiger Höhe auf die Kessel vor die Schornsteinröhre gestellt sind und durch schräg niedersteigende Röhren mit den Dampfräumen der Kessel communiciren.

Aus den Kesselhauben laufen die Dampfröhren mit Kniestücken nach den Dampfkammern; und der benutzte Dampf tritt durch zwei niedersteigende Canäle in einen kleinen Cylinder, welcher zwischen den beiden Kesseln liegt und außerhalb des Schiffes mit

Wasser gefüllt erhalten wird. Dieses Wasser, welches die Abzugsröhren des Dampfes im genannten Cylinder umringt, wird durch den benutzten Dampf erwärmt und dann in den Kessel getrieben, durch zwei Speisepumpen, deren Kolbenstangen durch zwei excentrische Scheiben an der Welle der Schaufelräder, unter welcher Welle die Speisepumpen dann auch liegen rc., auf- und niederbewegt werden.

Ueber das zweckmäßigste System der Schiffsdampfmaschinen herrscht bis jetzt in England die größte Verschiedenheit der Ansichten, und man findet dort fast eben so viele verschiedene Systeme der Art, als es Maschinen giebt.

Die dort am Meisten im Gebrauch sich befindenden Schiffsdampfmaschinen lassen sich unter 2 Hauptklassen bringen, nämlich: Balanciermaschinen und direct wirkende Maschinen.

Jedes dieser Systeme hat für gewisse Zwecke seine besonderen Vorzüge, aber auch seine Nachtheile.

Balanciermaschinen waren bis vor mehreren Jahren für Seedampfschiffe fast ausschließlich im Gebrauche, und dieselben finden auch jetzt noch unter den angesehensten Maschinenbauern Englands Vertheidiger, deren Urtheile in Folge langjähriger Erfahrung von Gewicht sind.

Es ist nicht zu leugnen, daß Balanciermaschinen, bei einem gut geordneten Gleichgewichte der einzelnen Theile und einem damit in Verbindung stehenden geregelten Gange, manche Vorzüge gegen die direct wirkenden haben. Jedoch ist wieder nicht in Abrede zu stellen, daß der Mechanismus der Balanciermaschinen sehr complicirt ist, daß ihre Aufstellung einen größeren Raum in der Länge des Schiffes wegnimmt, als dieß bei directwirkenden der Fall, und daß ihr Gewicht bedeutend größer ist, als das von gleich kräftigen directwirkenden.

Das Erforderniß eines großen Raumes für die Maschine ist ein wesentlicher Uebelstand für Passagier- und Kriegsdampfschiffe. Eine großes Gewicht der Maschine ist eine todte Ladung. Dieser Umstand verdient überall da besondere Rücksicht, wo der Tiefgang großer Schiffe durch die Beschaffenheit des Fahrwassers limitirt wird.

Die directwirkenden Maschinen zerfallen in der Hauptsache in 2 Klassen, nämlich in solche mit oscillirenden Cylindern und in solche mit feststehenden Cylindern. Die letzteren unterscheiden sich wieder in solche, welche nur einen Cylinder für jede Maschine haben, und in solche, welche deren 2 für jede Maschine haben.

Von den directwirkenden Maschinen sind in England zur Zeit am Beliebtesten die Maschinen mit oscillirenden Cylindern, besonders vervollkommnet durch Penn in Greenwich.

Die Figg. 159 u. 160 geben die Skizze von dieser Maschine, welche auf dem Dampfschiffe „der schwarze Adler" im Betriebe ist. Der Durchmesser des Triebcylinders beträgt 42½ engl. Zoll, die Länge des Kolbenzuges 54 Zoll, die Kraft die von 272 Pferden. Es versteht sich von selbst, daß auf jedem Schiffe, aus den weiter oben nachgewiesenen Gründen, zwei solcher Maschinen vorhanden sind.

Außer diesem werden sie noch von Miller und Ravenhill und Bolton und Watt häufig angefertigt und empfohlen. Auch die Maschinen mit feststehenden Cylindern, nach dem Systeme der Herren Bury, Curtis und Kennedy construirt, wie sich eine solche z. B. in dem russischen Postdampfschiffe „Wladimir" befindet, werden vielfach gerühmt. Diese Maschinen sollen jedoch weniger für Schiffe von geringem Tiefgange geeignet sein, dagegen für große Schiffe mit entsprechendem Tiefgange manche Vor-

theile haben. Maschinen, von denen jede zwei feststehende Cylinder hat, wie solche hauptsächlich von Maudslay in London aufgebracht wurden, haben im Allgemeinen in der Gunst des Publicums sehr verloren, werden aber noch für Maschinen von großer Pferdekraft, von 700 Pferden und darüber, als besonders geeignet empfohlen und in Anwendung gebracht.

Außer den hier aufgezählten Systemen von Schiffsdampfmaschinen giebt es noch eine Menge anderer, welche mehr oder weniger im Gebrauche sind.

Die Maschinen mit oscillirenden Cylindern sind für Flußdampfschiffe schon sehr lange im Gebrauche und haben dabei die günstigsten Resultate geliefert. Später hat man sie auch bei Seedampfmaschinen bis zu 260 Pferdekraft in Anwendung gebracht, und die günstigsten Resultate, welche sich auch hier herausgestellt, haben die englische Marine bewogen, sie für eine noch größere Pferdekraft bauen zu lassen. Im Monat Februar d. J. waren für das englische Gouvernement 3 Paare Maschinen mit oscillirenden Cylindern, jedes Paar zu 500 Pferdekraft, und 1 Paar zu 350 Pferdekraft, in London im Bau begriffen.

Oscillirende Maschinen haben unstreitig den einfachsten Mechanismus, nehmen den wenigsten Raum ein und haben das geringste Gewicht; sie sollen überdies die wenigsten Reparaturen erfordern.

Zu Dampfkesseln für Schiffsmaschinen werden in England jetzt fast ausschließlich Röhrenkessel angewendet. Auch in Frankreich ist seit Juni v. J. durch Ministerialcircular die Anwendung der Röhrenkessel für alle Staatsdampfschiffe angeordnet worden.

Für Röhrenkessel zieht man jetzt in England eiserne Röhren denen aus Messing vor. Als Grund dafür giebt man an, daß eiserne Röhren weniger leicht beschädigt werden, wenn der Stand des Was-

sers im Kessel niedrig werden sollte, und daß zwischen solchen Röhren und dem übrigen Eisen des Kessels keine schädliche galvanische Einwirkung Statt finde. Diese Röhren haben gewöhnlich einen Durchmesser von 2½ bis 3 Zoll und eine Länge von 6 bis 7 Fuß.

Die Anwendung von Röhrenkesseln gewährt den Vortheil einer raschen Dampferzeugung und eine Ersparniß an Raum für die Kessel. Auch läßt man jetzt die Maschine mehr mit höher gespannten Dämpfen arbeiten, als solches früher der Fall war. Während man früher selten mit mehr, als 4 Pfd. Ueberdruck auf den Quadratzoll, arbeitete, arbeitet man jetzt schon mit 8, 12 und 15 Pfd. Ueberdruck, wobei man aber die Maschinen mit veränderlicher Expansion einrichtet. Eine solche Einrichtung hat den Zweck, die Kraft der Maschine beliebig vergrößern und verringern zu können, um dieselbe dem größeren oder geringeren Widerstande, welchen eine mehr oder minder unruhige See und Gegenwind der Bewegung des Schiffes entgegensetzt, angemessen proportioniren zu können, wodurch eine möglichst normale Geschwindigkeit desselben erzielt werden kann. Die Anwendung des Princips einer bedeutenden Expansion des Dampfes, welches bei Landmaschinen sehr günstige Resultate geliefert hat, ist nur dann mit besonderen Vortheilen verknüpft, wenn man die Maschine mit Hochdruckdampf von mindestens 4 Atmosphären arbeiten läßt.

Der Verwendung von Hochdruckdampf für Schiffsmaschinen stehen allerdings bis jetzt noch manche Vorurtheile entgegen, die aber hoffentlich bald besiegt sein werden. Hochdruckmaschinen, bei welchen die Spannung des Dampfes eine gewisse Grenze nicht überschreitet, gelten bei Sachkennern für eben so sicher, als Niederdruckmaschinen.

Die Anwendung von Hochdruckmaschinen mit Condensation und Expansion, in Verbindung mit der Construction des Schiffskörpers aus Eisen, würde es für Preußen möglich machen, trotz seiner seichten Gewässer, Dampfschiffe von 600 bis 800 Pferdekraft zu besitzen. Man hat in England hin und wieder angefangen, einen der Dampfkessel vor die Maschine und einen hinter die Maschine zu stellen, so daß die Dampfmaschine in der Mitte zwischen beiden steht. Dieses Arrangement erfordert zwei besondere Schornsteine, hat aber den Vortheil, daß durch einen gleichmäßigen Kohlenverbrauch auf beiden Seiten der Maschine das Schiff in seiner Lage sich besser balanciren läßt, hat auf der andern Seite aber auch den Nachtheil, daß der Maschinen- und Kesselraum eine bedeutend größere Länge im Schiffe einnimmt, als da, wo die Kessel nebeneinander stehen.

V. Uebelstände der Ruderräder und Anwendung der Archimedischen Schraube statt derselben.

Obschon im Laufe des vorigen Jahrhunderts schon mancherlei Principe, um Schiffe durch irgend einen Motor fortzutreiben, vorgeschlagen wurden, so ist doch das der Ruderräder, das man bei der Erfindung der Dampfschiffe wählte, bis jetzt allgemein beibehalten worden. Man sah alle andern für unpractisch an, um so mehr, da sie fast ohne Ausnahme auf einer alternirenden Bewegung beruhen. Unverkennbar ergeben sich indeß aus der Anwendung solcher Schaufelräder mehrere und sehr bedeutende Uebelstände.

1) Erhalten dadurch die Schiffe eine der Bewegung schädliche Gestalt und eine die Passage oft erschwerende Breite.
2) Verursachen solche Räder nicht nur ein lästiges Getöse, sondern auch zugleich eine Bewegung des Wassers, die in Canälen leicht die Ufer beschädigt.

3) Ist die Wendung der Schiffe, da beide Räder gleich schnell umlaufen, erschwert, und nur in ziemlich großem Bogen möglich.

4) Erzeugen die großen Radgehäuse schon, besonders das Ein- und Austauchen der Schaufeln, einen beträchtlichen Widerstand, so daß auch dadurch Kraft verloren geht.

5) Tauchen die Schaufeln, je nachdem die Ladung größer oder kleiner, mehr oder weniger tief ein — was besonders bei Seefahrten, wegen der schnellen Abnahme des Kohlenvorraths, sich als nachtheilig ergeben muß.

6) Tauchen beide Räder, sowie sich das Schiff nur einigermaßen umlegt, ungleich tief ein, so daß sie ungleich arbeiten, und die Schaufeln des einen zuweilen wohl gar nicht das Wasser berühren, während die des anderen viel zu tief untertauchen.

7) Sind, was besonders für die Kriegsdampfschiffe ein großer Uebelstand ist, die Räder nicht nur ein Hinderniß, die ganze Länge mit Geschützen zu besetzen, sondern sie sind selbst den feindlichen Kugeln bloßgestellt.

8) Hindern die Räder, bei sehr günstigem Winde zumal, auf die angemessenste Weise die Segelkraft zu benutzen; denn am Vortheilhaftesten wäre es dann, diese allein anzuwenden.

Geht man nämlich davon aus, daß die nöthige Kraft p mit dem Cubus der Geschwindigkeit v zunimmt, und setzen wir für $v = 1$, die Kraft $p = q$; so ist $p = 89$, wenn $v = 2$; $p = 27 q$, wenn $v = 3$; $p = 64 q$, wenn $v = 4$; und $p = 125 q$, wenn $v = 5$ ꝛc.

Ist nun die Kraft der Maschine $= 64 q$, so bewirkt sie allein (und bei Windstille) eine Geschwindigkeit $= 4$; und klar ist, daß die Beihülfe eines mäßigen Windes nur wenig die Maschine unterstützen

oder hemmen muß. Umgekehrt aber wird ein sehr günstiger Wind, der allein dem Schiffe eine Geschwindigkeit = 4 gäbe und also eine Kraft von 64 q hätte, durch die gleichzeitige Arbeit der Maschine die Geschwindigkeit höchstens auf 5 vermehren, so daß es offenbar zuträglich sein kann, auf die geringe Beschleunigung zu verzichten, und dafür gänzlich die Dampfkraft zu ersparen. Zu dem Ende genügt es aber nicht, die Maschine abzustellen und Segel aufzuziehen, sondern man müßte überdieß leicht und schnell zu jeder Zeit die Schaufelräder außer Thätigkeit setzen können.

Von den eben gedachten vielfachen Nachtheilen kann man nur wenigen, und auch diesen nur unvollkommen, abhelfen. Am Meisten scheint gelungen, den Widerstand des Wassers bei'm Ein- und Austauchen der Schaufeln zu vermindern, obschon die versuchten Vorkehrungen leicht die Festigkeit beeinträchtigen. Mit geringerem Erfolge hat man dagegen mancherlei Mechanismen vorgeschlagen, um jene Ein- und Auslösung der Räder beliebig zu bewerkstelligen.

Jemehr sich die Dampfschifffahrt ausdehnt, und Dampfschiffe auch zu langen Seereisen dienen sollen, desto mehr müssen die vielen und von ihrer Anwendung meist unzertrennlichen Uebelstände der Ruderräder ein anderes Propulsionsprincip wünschen lassen. Mehrere der früher vorgeschlagenen wurden auf's Neue versucht, doch ohne eine practische Brauchbarkeit hoffen zu lassen.

Anders verhält es sich mit den neuesten Versuchen, ein Schiff vermittelst einer im Wasser horizontal angebrachten und durch eine Dampfmaschine schnell umgetriebenen sogenannten Archimedischen Schraube fortzuschaffen, und dasselbe hiemit fortzuschrauben, statt fortzurudern.

Daß die Schraube zum Fortschaffen und Heben von Flüssigkeiten dienen kann, lehrte schon Archimed,

und darum trägt eine zu diesem Behufe eingerichtete noch jetzt seinen Namen. Auch haben schon ältere Physiker gezeigt und geglaubt, daß sich mittelst einer solchen Schraube, bei gehöriger Geschwindigkeit, umgekehrt und dem Wasser entgegen, ein Schiff fortbewegen lassen müsse. Von den Practikern blieb jedoch dieses Princip fortwährend unbeachtet, obschon in neuerer Zeit noch u. a. Tredgold dasselbe nachdrücklich ihrer Aufmerksamkeit empfahl. Vor wenigen Jahren indeß wurde die Anwendung der Schraube auf Dampfschiffe mit der erforderlichen Beharrlichkeit von Fr. Smith wieder versucht, und mit einem Erfolge, der bereits die hohe Wichtigkeit dieses Propulsionsorgans außer Zweifel setzt.

Die Vorrichtung, auf welche Smith 1837 ein Patent nahm, bestand im Wesentlichen darin, daß er unter dem Hintertheile des Schiffes und über dem Kiel eine vom Schiffsraume wasserdicht geschlossene und dem Wasser zugängliche 7′ lange Kammer anbrachte, und in dieser parallel mit dem Kiele eine starke Spindel mit 2 fächerförmigen und etwa 2′ breiten Schraubengängen; und daß er diese Spindel mit der Welle einer Dampfmaschine in Verbindung setzte, so daß sie wenigstens 100 Umgänge pr. Minute machte. (Fig. 160 a.)

Das kleine Fahrzeug, daß er zuerst mit diesem Apparat versah, erregte so wenig Vertrauen in die Tauglichkeit desselben, daß er mit Mühe nur die nöthige Unterstützung fand, um ein Probeschiff von der erforderlichen Größe erbauen zu lassen, und als es ihm gelungen, zeigte sich nur eine Werkstätte zweiten Ranges zur Ausführung bereit. Um so überraschender waren die Leistungen dieses ersten Schraubeschiffes, das er Archimed nannte und ein Schiff von 240 Tonnen war und eine Maschine von 60 Pferdekr. trug.

Die allererste Fahrt (im Juni 1840) von Dover nach Calais vollbrachte es in kürzerer Zeit, als bis

dahin irgend ein Dampfschiff sie gemacht. Ebenso brauchte es zur (800 engl. Meil. langen) Reise von Portsmouth bis Oporto kaum 70 Stunden. Hauptsächlich aber wurde die Umschiffung von ganz England eine Triumphfahrt für den Erfinder; denn viele der ausgezeichnetsten Ingenieurs fanden dadurch Gelegenheit, sich von den mannichfachen Vorzügen dieses Systems zu überzeugen. Fast alle Gebrechen der Räderschiffe zeigten sich vollkommen beseitigt.

Seitdem sind denn auch schon mehrere und sehr große Schiffe, zumal für die Staatsmarine, nach diesem Princip construirt worden, und selbst der colossale Mammuth von 1000 Tonnen ist, irren wir nicht, ein Archimedisches. Nur eine längere Erfahrung kann indessen lehren, ob und inwiefern diese Art von Dampfschiffen die bisherigen zu verdrängen verdienen, und ob manche Vorzüge nicht durch andere Nachtheile etwa vermindert oder gar überwogen werden mögen.

Jedoch muß das Obige als die einseitige Ansicht gewisser Maschinenbauer und Schiffer angesehen werden. Ganz anders lautet die Ansicht, daß eine so große Geschwindigkeit der Schiffe, wie sie mit Hülfe von Schaufelrädern erzielt wird, mit der Schraube noch nicht erreicht werden konnte. Jedenfalls gewährt aber die Schraube für manche Zwecke sehr bedeutende Vortheile. Man empfiehlt ihre Anwendung besonders da, wo es weniger auf eine große Geschwindigkeit, als darauf ankommt, von den Launen des Windes sich möglichst unabhängig zu machen: mehr als eine Hülfskraft für Segelschiffe, als alleiniges Mittel der Fortbewegung.

Kurz die Schraube wird jedenfalls überall da mit Vortheil angewandt werden können, wo ein weniger rascher, als sicherer Transport von Waaren der Hauptzweck ist. Sie eignet sich also ganz besonders als Hülfskraft für solche Segelschiffe, welche einen gleichen Zweck haben, wie die Segelpacketschiffe, welche zwi-

schen England und Amerika fahren. Vor Allem aber wird die Schraube für die Folge als Hülfskraft für Kriegsschiffe eine große Rolle spielen, weil es auch bei diesen in der Mehrzahl der Fälle weniger auf eine übergroße Geschwindigkeit, als darauf ankommt, daß solche auch bei einer Windstille noch agiren können. Die englische Marine läßt jetzt an 80 Fregatten, theils durch Umbau älterer Segelschiffe, theils durch Neubau, mit der Schraube versehen, aber außerdem noch eine große Anzahl schwer bewaffneter Segelschiffe ebenfalls mit der Schraube für den alleinigen Dienst der Küstenvertheidigung einrichten.

In allen Fällen aber, wo die Erzielung der größtmöglichsten Geschwindigkeit, also der Transport von Personen, Briefen und Depeschen der Hauptzweck ist, werden die Schaufelräder durch die Schraube sobald noch nicht verdrängt werden.

Die Anwendung der Schraube ist überdieß für Schiffe, welche seichte Gewässer befahren sollen, sehr limitirt, namentlich für große Schiffe mit geringem Tiefgange, weil ein geringer Tiefgang es nicht erlaubt, der Schraube eine der Größe des Schiffes entsprechende Größe des Durchmessers zu geben. Ist aber bei demselben Tiefgange das Schiff entsprechend klein, so kann auch in solchem Falle für besondere Zwecke die Schraube mit Vortheil Anwendung finden.

Direct wirkende Maschinen für Schraubendampfschiffe; von Maudslay und Comp.

Bei Schraubendampfbooten ist die Anordnung von Räderwerk zwischen den Krummzapfen und dem Schraubentreibapparate, um dem letzteren die nöthige Geschwindigkeit zu ertheilen, immerhin ein Uebelstand, sowohl wegen der großen Vermehrung des Gewichtes, der Reibung, des Lärmens, als auch deßwegen, weil bei dem Räderwerke leicht Brüche und sonstige Unordnung vorkommen können. Indessen kann mit den

besten Marinedampfmaschinen bisheriger Construction, sie mögen mit Balancier ausgerüstet, oder direct wirkend sein, die Schraube auf keine andere Weise in Thätigkeit gesetzt werden, nicht etwa, weil sich irgend eine Schwierigkeit vorfindet, die Kolben mit der Schraubenwelle zu verbinden, oder die Anzahl der Kolbenhübe zu vermehren, sondern, weil, wenn man die Kolben sich eben so schnell, wie die Schraube, bewegen ließen, die Cylinder auch eben so schnell luftleer gemacht werden müßten; und dieß ist mit den gegenwärtig gebräuchlichen Schieberventilen und sonstigen Mechanismen unmöglich. Ein wichtiges practisches Problem war demnach zu lösen, nämlich: auf geeignete Weise die Cylinder so rasch zu füllen und zu entleeren, daß sich die Kolben so rasch, wie der Treibapparat, bewegen können, und die Maschine augenblicklich eingestellt oder rückgängig gemacht werden kann. So schwierig auch die Lösung dieses Problems ist, so ist dasselbe durch die verbesserten Anordnungen, welche wir im Folgenden detailliren, auf's Erfolgreichste gelös't.

Fig. 197 stellt einen Seitenaufriß, Fig. 198 einen Grundriß, Fig. 199 und 200 Verticaldurchschnitte der verbesserten Construction dar. E, E sind die Dampfcylinder; F, F die Condensatoren, welche zum Theil den Cylindern als Träger dienen, zum Theil sich in horizontaler Richtung nach den Luftpumpen H, H erstrecken; P, P die Hauptwellen der Krummzapfen, welche unterhalb der Centrallinien der Cylinder in Lagern ruhen, deren Träger V, V auf den unteren Theilen der Condensatoren stehen und sich aufwärts nach dem Boden der Cylinder erstrecken. O, O, O, O sind die an den Enden der Hauptwelle befestigten Hauptkrummzapfen; P, P und N, N Verbindungskurbeln, welche an den beiden Enden der Zwischenwelle Q befestigt sind. Letztere liegt mit der Achse P, P in einer Linie und verbindet beide Ma-

schinen miteinander; X, X sind die an der Bodenplatte B befestigten Lager für die Achse Q. L ist eine andere Verbindungskurbel an dem vordersten Ende einer langen Welle Y, die sich nach dem Sterne des Schiffes erstreckt, und deren hinteres Ende mit dem vorderen Ende des Wellstückes W verbunden ist. Das letztere tritt durch eine Stopfbüchse am Sterne und trägt an seinem äußersten Ende den Treiber oder die Archimedische Schraube Z, Fig. 197. Das vordere Ende des Theiles W kann mit den Maschinen außer Verbindung gebracht werden, wenn das Schiff ohne Dampfkraft segeln soll. R ist eines der Lager, worin die Enden der Welle Y ruhen. Die verschiedenen Wellen P, O, P, Y und W arbeiten genau in einer Linie und sind alle mittelst Kurbelbolzen miteinander verbunden, welche von den Hauptkrummzapfen O, O hervorragen. Die Enden dieser Kurbelbolzen treten in Löcher an den Enden der Verbindungskurbeln N, N und L, so daß nun sämmtliche Wellstücke eine einzige rotirende Welle bilden, durch welche die Kraft beider Maschinen auf den im Wasser rotirenden Treibapparat übertragen wird. Die rotirende Bewegung dieser Achsenlinie wird durch die zu beiden Seiten der Cylinder E angeordneten Lenkstangen M, M vermittelt, deren untere Enden in die Bolzen der Krummzapfen O, O, O, O eingehenkt und deren obere Enden mit den Querstücken O verbunden sind. Letztere sind in ihrer Mitte an die verticalen Kolbenstangen n, n befestigt, die sich durch Stopfbüchsen in den Mitten der Cylinderdeckel auf- und niederbewegen. Auf diese Weise wird durch die auf- und niedergehende Bewegung der Kolben die Rotation des Treibers zu bewerkstelligt. Die Krummzapfen beider Maschinen sind rechtwinkelig zueinander gestellt, und die Luftpumpen werden mittelst Hebeln A, A in Thätigkeit gesetzt. Die Drehungspuncte dieser Hebel befinden sich an den oberen Enden der schwingenden Rahmen y, y,

eren untere Enden in Trägern an den Cylindern E, E
gelagert sind. w, w sind die um x drehbaren Gegen-
lenker, für die Parallelbewegung, wodurch die Kolben-
stangen n, n veranlaßt werden, sich in senkrechter
Richtung auf und nieder zu bewegen. Die schwingenden
Rahmen y, y gestatten den Drehungspuncten der
Luftpumpenhebel A, A sich dieser Bewegung zu ac-
commodiren; da demnach die kürzeren Enden dieser
Hebel keine senkrechte Bewegung haben, so sind die
Luftpumpenstangen durch Gelenke mit denselben ver-
bunden. Die kürzeren Arme der Hebel A, A sind
nur $\frac{1}{3}$ so lang, wie die längeren, weßhalb auch der
Hub der Luftpumpenkolben nur $\frac{1}{3}$ des Hubes der
Dampfkolben ist, während sonst bei Dampfmaschinen
das Verhältniß $\frac{1}{2}$ ist. Dieses Verhältniß wurde an-
genommen, damit die Bewegung der Luftpumpen-
kolben nicht rascher sei, als sich mit dem geeigneten
Auspumpen des heißen Wassers aus den Condensa-
toren F, F und dem Entleeren desselben durch die
Ventile m, m in die Warmwassercisternen I, I ver-
trägt. Die Ventile der Luftpumpenkolben J, J und die
Entleerungsventile m, m in den Luftpumpendeckeln sind
bewegliche Ringe, welche ringförmige Oeffnungen be-
decken. Diese Ventile bieten dem ausströmenden war-
men Wasser einen sehr freien Durchgang dar, ohne
daß sie sich hoch zu heben brauchen; sie öffnen und
schließen sich leicht. Die ringförmigen Ventile werden
durch sechs oder mehrere rings um ihre Peripherien
angeordnete senkrechte Führungen mit den Stangen l, l
der Luftpumpen concentrisch erhalten. Die Räume I, I
über den Luftpumpen entsprechen den Warmwasser-
cisternen; sie sind mit Seitenröhren versehen, welche
das überfließende warme Wasser durch die Seite des
Schiffes abführen. Die Bodenventile k der Luft-
pumpen sind Scharnierventile, deren Gewicht zum
Theil durch rückwärts angebrachte Gegengewichte auf-
gewogen wird, so daß sie sich leicht öffnen. Die

Drehungspuncte x der Gegenlenker w, w befinden sich an den oberen Enden hebelartig beweglicher Rahmen und werden zugleich mittelst Stellschrauben an die von dem Cylinderdeckel ausgehenden schiefen Stangen s, s befestigt, eine Anordnung, welche zur Adjustirung der erwähnten Drehungspuncte dient, damit die Parallelbewegung richtig arbeite. Die Warmwasserpumpen sind seitwärts von den Warmwassercisternen I, I, von denen sie ihr Wasser beziehen, angebracht, ihre Kolben werden durch die Enden von Querstücken, die an den Luftpumpenstangen angebracht sind, in Thätigkeit gesetzt.

Der Dampf wird abwechselnd in die Cylinder gelassen und aus denselben mit Hülfe eines in einem Kreisbogen oscillirenden Schieberventiles b, entfernt, welches in einer cylindrischen Ventilkammer h arbeitet, und dessen Achse i horizontal durch die Mitte des hohlen Cylinders h tritt. Das eine Ende dieser Achse tritt durch eine Stopfbüchse r aus der Ventilkammer h und trägt einen Hebel p, welcher demselben die zur Vertheilung des Dampfes geeignete oscillirende Bewegung ertheilt. Die Ventilkammer ist über einem Theile des Condensators F befestigt, vorn am Cylinder E, mit welchem sie oben durch eine flache Röhre oder einen Canal g und unten durch einen kurzen seitlichen Canal verbunden ist. Der Dampf tritt von dem Dampfkessel durch die Dampfröhre a und durch das Drosselventil von der einen Seite her in das Innere der cylindrischen Ventilkammer. Die nähere Einrichtung und Wirkungsweise dieses eigenthümlichen Ventiles wird aus Folgendem erhellen.

Fig. 201 ist ein Verticaldurchschnitt und Fig. 202 ein Grundriß der Ventilkammer h mit dem darin oscillirenden Ventile b und der Achse i; Fig. 203 ist ein verticaler Längendurchschnitt der Kammer h. Die Figuren 204 und 205 sollen die verschiedenen Lagen erläutern, die das oscillirende Schieberventil einnimmt. Fig. 205 a ist ein Endaufriß des Bewegungsmechanismus

Die cylindrische Ventilkammer h besitzt an ihrer untern Seite drei nebeneinander angeordnete lange, schmale Oeffnungen, nämlich einen mittleren Ausströmungscanal v am untersten Theile ihres Umfanges, welcher direct in den Condensator F führt, dann eine Oeffnung d, welche durch einen kurzen Canal mit dem untern Arme f des Cylinders communicirt und eine andere Oeffnung u, die durch die vordere Röhre g mit dem obern Arme e des Cylinders in Verbindung steht. Diese drei Oeffnungen, obgleich in der Fig. 203, 204 u. 205 dargestellten Richtung schmal, sind doch in der andern, Fig. 201 und 202 dargestellten, Richtung so lang, daß sie dem Dampfe einen genügenden Durchgang darbieten. Die Theile f und e an den oberen und unteren Enden der Cylinder öffnen sich, wie Fig. 202 zeigt, in einem beträchtlichen Theile des Cylinderumfanges. Das oscillirende Ventil b paßt genau auf den untern Theil der innern Höhlung der Ventilkammer h; dasselbe besitzt eine Höhlung, die sich stets über dem mittlern Ausströmungscanale v befindet. Die Kanten zu beiden Seiten dieser Höhlung treten, wenn das Ventil durch den Hebel p rück- und vorwärts bewegt wird, über die seitlichen Oeffnungen d und u. Fig. 203 stellt das Ventil in der mittleren Lage seiner oscillirenden Bewegung dar, wobei die beiden Ränder der Höhlung beide Seitenöffnungen d und u verschließen. Wird nun das Ventil b nach der einen Richtung weiter bewegt, so daß es die Fig. 204 dargestellte Lage annimmt, so veranlaßt es den Niedergang des Kolbens; kommt das Ventil dagegen in die Fig. 205 dargestellte Lage, so bewirkt dasselbe das Steigen des Kolbens. Die Operation des Ventils, wodurch es während seiner Oscillation die Canäle d und u in gehöriger Reihenfolge schließt und öffnet, um die erforderliche Vertheilung des Dampfes zu bewerkstelligen, ist die-

selbe, wie bei gewöhnlichen Schieberventilen. Hat, z. B., das Ventil die Lage Fig. 204 angenommen, so gelangt der durch die Dampfröhre a einströmende Dampf durch die unbedeckte Oeffnung u und den Canal g über den Kolben und drückt denselben hinab, während der unter dem Kolben befindliche Dampf durch die Oeffnung d, die Ventilhöhlung und die Oeffnung v in den Condensator gelangt. Bei der Fig. 205 dargestellten Lage des Ventils tritt der Dampf durch die von dem Ventile nicht bedeckte Oeffnung d unter den Kolben, während der über dem Kolben befindliche Dampf durch die Oeffnung u, die Ventilhöhlung und die Oeffnung v in den Condensator überströmt.

Das Ventil b erhält seine oscillirende Bewegung durch den Fig. 201, 202 u. 205a dargestellten Mechanismus. C und D sind zwei an der Zwischenachse Q befestigte Excentrica, deren Stangen T und U mit den beiden Enden eines Bogens K verbunden sind, in welchem zur Aufnahme einer verschiebbaren Hülse e eine gleichfalls bogenförmige Oeffnung angebracht ist. Diese Hülse paßt auf einen Zapfen, welcher von dem Ende des kurbelartigen Hebels p in horizontaler Richtung hervorsteht. Diese Anordnung hat den Erfolg, daß, wenn die verschiebbare Hülse ganz am obern Ende des bogenförmigen Schlitzes sich befindet, wie Fig. 205a zeigt, alsdann die abwechselnde Vor- und Rückwärtsbewegung, welche das Excentricum C der Stange T während einer ganzen Umdrehung der Achse Q ertheilt, auch den Zapfen des Hebels p und mit diesem das Ventil b in einem Kreisbogen vor- und rückwärts bewegen wird.

Wenn die Bewegung der Maschinen eingestellt werden soll, so wird der bogenförmige Theil K jeder Maschine in der Richtung seiner Länge durch Krümmung, d. h. mit Bezug auf Fig. 205a aufwärts

bewegt, wodurch die verschiebbare Hülse e, welche sich selbst nicht bewegt, da sie auf dem Zapfen des Hebels p steckt, in die Mitte des Schlitzes, in K, gebracht wird. Jetzt wird dem Zapfen des Hebels p gar keine oder eine nur höchst geringe Bewegung mitgetheilt und das Ventil b in seine mittlere Lage, Fig. 203, gebracht, wobei es beide Oeffnungen, d und u, bedeckt. In dieser Lage bleibt das Ventil bewegungslos, so daß die Maschine, in welche kein Dampf einströmen kann, still stehen muß. Um die Maschine wieder von Neuem in Bewegung zu setzen, muß der Theil K wieder zurückbewegt werden, so daß sein oberstes Ende wieder an die Hülse e gelangt. Dieß geschieht, wenn die Bewegung der Krummzapfen und mithin auch die des Schiffes vorwärts erfolgen soll; soll dagegen die Bewegung rückgängig werden, so muß der Theil K jeder Maschine aufwärts bewegt werden, so daß das unterste Ende seines Einschnittes an die Hülse e gelangt. Wenn sich nämlich die Hülse, z. B., am oberen Ende des erwähnten Einschnittes befindet, so empfängt sie, und mithin auch der Zapfen des Hebels p und das Ventil, die ganze Bewegung von der Excentrikstange T, aber gar keine Bewegung von der andern Excentrikstange, obgleich diese das untere Ende des Theils K hin und her bewegt; die Bewegung der Krummzapfen und des Schiffes erfolgt alsdann vorwärts. Befindet sich dagegen die Hülse an dem untern Ende des Einschnittes in K, so wird das Excentricum D mit seiner Stange U allein zur Bewegung der Hülse e des Hebels p und des Ventils b betragen, während das andere Excentricum C und seine Stange T, obgleich sie das obere Ende von K vor- und rückwärts bewegen, keinen Einfluß auf die Hülse e haben. Das Excentricum D einer jeden Maschine ist in einer solchen Stellung auf der Achse

38 *

Q befestigt, daß dasselbe auf die geeignete Weise die rückgängige Bewegung veranlaßt. Und da beide Excentrica C und D in Beziehung auf ihre Achse Q eine beinahe entgegengesetzte Lage haben, so bewegen sich die beiden Enden des Theiles K abwechselnd in entgegengesetzter Richtung vor und zurück, so daß die Mitte des Theiles K gar keine Bewegung hat. Befindet sich daher die Hülse e in der Mitte des bogenförmigen Einschnittes, so hat die Bewegung der Excentrica C oder D auf den Hebel p und das Ventil keinen Einfluß; das letztere bleibt daher in seiner mittlern Lage, Fig. 203, bewegungslos. Um den Maschinenwärter in den Stand zu setzen, den Hülsen e in den bogenförmigen Einschnitten die geeigneten Stellungen zu geben, sind die Kanten dieser Einschnitte, wie die Figg. 201 u. 205a zeigen, mit einer Verzahnung versehen, in welche zwei kleine Getriebe z, z greifen. Diese Getriebe sitzen an einer kurzen Spindel, welche durch ein in der Hülse e befindliches Loch rechtwinkelig zum Zapfen des Hebels p geht. Die Spindel ist mit einem Kurbelgriffe G versehen und besitzt zwei in entgegengesetzten Richtungen hervorragende Hebelarme, deren Enden in den Bereich eines Sperrhakens gebracht werden können, um eine Drehung der Getriebe zu hindern, wenn diese nicht nöthig ist.

VI. Anwendung einiger früher aufgestellter Grundsätze, nach welchen man die Kraft der Schiffsdampfmaschinen bestimmen kann.

Eine höchst wichtige Frage, welche sich bei der Ausübung der sogenannten Dampfschifffahrt ganz natürlich darbietet, ist diese: Welch nominelles Kraftvermögen müssen die Dampfmaschinen von einer bestimmten Art und Einrichtung haben, um in einem Fahrzeuge von

gegebenen Dimensionen in stehendem, oder in strömendem, oder in wogendem Wasser mit einer bestimmten Geschwindigkeit sich fortzubewegen? Daß gleichwohl die Lösung dieser Aufgabe bei dem gegenwärtigen Zustande unserer Kenntnisse noch vielen unübersteiglichen Hindernissen unterworfen ist, oder nur sehr unvollkommen bewerkstelligt werden kann, oder auch, wie man zu sagen pflegt, noch zu problematisch ist, bedarf keiner weitläuftigen Erklärung.

Denn die hier zu überwindende Last besteht darin, den Widerstand des Wassers gegen den Vordersteven und die Reibung dieser Flüssigkeit an den Schiffswänden u. s. w. zu überwinden. Man hat jedoch aus den Gründen, die im dritten Theile (Abth. 2, Kap. 3., aufgestellt oder angegeben sind, entnehmen können, welchen Schwierigkeiten oder welchem Zweifel diese Bestimmung unterworfen ist — wie sehr die berechneten und durch Versuche gefundenen Resultate je nach der Form und Größe der bewegten Körper voneinander differiren können — und wie verwickelt, ja sogar wie unsicher die Resultate der Auflösungen werden, wenn der in der Flüssigkeit bewegte Körper von derselben nicht geradeaus, sondern in schräger Richtung einen Stoß erfährt.

Durch Versuche, Probiren und endlich auch durch Erfahrung hat man die oben mitgetheilte Aufgabe in einigen Fällen der Praxis auf eine ganz genügende Weise zu lösen verstanden, aber die Geschichte der Dampfschifffahrt kann hier bezeugen, wie man häufig durch die entmuthigendsten Resultate wegen unzulänglicher Kenntniß in diesem Punkte eine Ueberzeugung erlangt zu haben geglaubt hat; und wenn auch bereits große Schritte gethan sind, so hat man doch bei weitem noch nicht die gewünschte Höhe erreicht. Man besitzt noch wenige, obwohl einige, feste leitende Re-

geln; mit einem Worte, man schwankt noch im Unsichern.

Es soll jedoch hier eine Skizze einer einfachen Auflösung der oben aufgeworfenen Frage gegeben werden, ohne damit eine solche Auflösung zu beabsichtigen, nach welcher man für die Praxis hinlänglich annähernde Resultate der Berechnung bekommt, wovon man jedoch in manchen Fällen Gebrauch machen kann, um die nominelle Kraft von Dampfbootmaschinen ganz roh zu schätzen, wenn anders die Voraussetzungen, von denen wir hier ausgehen wollen, nicht ganz sichtlich zu weit von der Wahrheit abweichen.

Der Widerstand, den ein Fahrzeug, welches durch das Wasser bewegt wird, erfährt, hängt ab von dessen Länge, Breite und wie tief es im Wasser geht, besonders auch noch von der Form des Vorder- und Hintertheiles. Was über die Veränderlichkeit dieses Widerstandes in Theil 3, Abtheilung 2, bemerkt wurde, ist vollkommen anwendbar auf den gegenwärtigen Fall und braucht hier nicht wiederholt zu werden, da es doch auch nicht gut möglich ist, alle die besonderen Umstände, durch welche die Auflösung der Aufgabe modificirt wird, hier in Erwähnung zu bringen. Man beschränke sich deßhalb allein auf den Widerstand, den der Vordertheil des Fahrzeuges erfährt, und auf den Widerstand der Reibung des Wassers an der äußern Oberfläche des Fahrzeuges.

Angenommen einmal, das Fahrzeug habe einen geradlinigen Vordertheil, welcher mit der Oberfläche des Wassers einen rechten Winkel bildet — es betrage ferner der Inhalt des Querdurchschnittes des Bootes unter der Wasserlinie I Quadratellen — die Bewegung finde in stehendem Wasser Statt: dann muß der Widerstand proportional sein dem Drucke einer Wassersäule, welche zur Oberfläche hat den untergetauchten Vordersteven von

l und eine Höhe, welche zwischen der einfachen und doppelten Höhe, die der Geschwindigkeit der Bewegung des Fahrzeuges entspricht, mitten inne liegt (Theil 3, Abth. 3, Art. 42.) Wenn man dann für diese Höhe mit hinlänglicher Genauigkeit die anderthalbfache Höhe nehmen könnte, welche der Geschwindigkeit s entspricht, so ist das Maß des Widerstandes auszudrücken durch

$$G \cdot l \cdot 1{,}5 \cdot \frac{s^2}{2g};$$

hier bedeutet G das Gewicht einer Kubikelle Wasser und g den Effect der Schwere in 1″ = 9,81216 niederländische Ellen.

Die Reibung des Wassers am Boden ist proportional der Oberfläche dieses Bodens, in so weit derselbe mit dem Wasser in Berührung steht, und dem Quadrate der Geschwindigkeit. Wenn also die Länge des Bootes l Elle beträgt, der Umfang des Querdurchschnittes unter der Wasserlinie p Ellen, so wird der Widerstand der Reibung $l\,p \cdot s^2$ proportional sein. Und wenn man mit einigen Schriftstellern annimmt, daß, um diese Reibung zu überwinden, nach den Folgerungen, die aus einigen Beobachtungen abgeleitet sind, ein Gewicht von 0,15 niederländischen Pfunden für jede Quadratelle Oberfläche erforderlich ist, die mit dem Wasser in Berührung steht, während die Geschwindigkeit eine Elle beträgt, so wird das Maß dieses Widerstandes sein

$$= 0{,}15\ l\,p \cdot s^2.$$

Die Summe dieser beiden gefundenen Widerstände giebt den ganzen Widerstand

$$= \left(\frac{1{,}5}{2g} \cdot G \cdot l + 0{,}15\ l\,p\right) s^2.$$

Und die Quantität der Wirkung in 1″, welche nöthig ist, um diesen Widerstand mit der Geschwindigkeit s zu überwinden, wird sein

$$= \frac{1,5}{2g} G \cdot I + 0,15\, l\, p) s^3$$

das ist $= (78 \cdot I + 0,15\, lp)\, s^3$;

wenn man nämlich für g seinen Werth und für **G** im Durchschnitt 1015 niederländische Pfunde setzt.

Der Vordersteven ist aber niemals eine geradlinige, sondern immer eine doppelt gebogene Oberfläche, um eben dadurch den Widerstand so viel wie möglich zu vermindern. Es läßt sich jedoch, wenn die Form dieser gebogenen Oberfläche gegeben ist, der verminderte Widerstand nicht genau genug bestimmen, weil der Betrag des schrägen Stoßes nicht zuverlässig bekannt ist. Wenn der mittlere Durchschnitt zwischen den Winkeln der verschiedenen Theile der hier erwähnten gebogenen Oberfläche mit der Richtung der Bewegung des Bootes 30° betragen hat, so darf man wohl annehmen, daß der Widerstand hierdurch zwischen $\frac{1}{7}$ und $\frac{1}{8}$ vermindert wird; und wenn man diese Zahlen für die verschiedene gebogene Form, welche man dem Vordersteven zu geben gewohnt ist, als mittlere Durchschnittszahlen annehmen darf, so wird im Durchschnitte die Kraft = beinahe $(11 \cdot I + 0,15\, lp)\, s^3)$ . . . (1).

Für große Fahrzeuge kann man jedoch 9,5 statt des Multiplicators 11 setzen, weil der Vordersteven eines größern Fahrzeuges, unbeschadet der Festigkeit, eine spitzigere Gestalt, als derjenige eines kleinern Fahrzeuges bekommen kann.

Wenn ein Fahrzeug mit einer Geschwindigkeit s gegen einen Strom bewegt werden muß, dessen mittlere Geschwindigkeit n s beträgt, so muß der Wider-

stand, welcher sonst s^3 proportional ist, nach einer rohen Berechnung $(s + ns)^2$ proportional gehalten werden, und für diesen Fall muß dann die Formel zur Bestimmung der Kraft, welche erforderlich ist, um das Fahrzeug mit einer Geschwindigkeit s stromaufwärts zu führen, werden

$= (11 \cdot I + 0{,}15 \, lp) \, (s + ns)^2 \cdot s$ . . (2).

Für die Bewegung eines Fahrzeuges in wogendem Wasser bleibt es beinahe unausführbar, den zu überwindenden Widerstand durch eine Formel auf eine wahrscheinliche Weise auszudrücken.

Bei der Anwendung dieser Formeln (deren Resultate, wenn sie mit 76 dividirt werden, das Kraftvermögen in Pferdekräften angeben) muß man für den Inhalt I nehmen den Inhalt des größten Querdurchschnittes des Schiffes, so weit nämlich dieser Durchschnitt sich unter der Oberfläche des Wassers befindet. Die Bestimmung dieses Inhaltes in Quadratellen hängt ab von der Breite des Fahrzeuges, von der Tiefe, bis zu welcher es im Wasser geht und von der Krümmung der Schiffswände. Diese Krümmung wird in verschiedenen Fällen verschieden genommen, und darum kann der Inhalt I nicht gut auf eine allgemeine Weise in einer Formel ausgedrückt werden, welche abhängig ist von der Quantität dieser Krümmung, von der Wassertiefe und von der Breite des Schiffes. Diese Krümmung ist gleichwohl selten sehr groß, weil Festigkeit ein Haupterforderniß eines Dampffahrzeuges sein muß. Aus diesem Grunde müssen die Dampfboote auch häufig eine große Breite haben, obschon man in einem ruhigen Fahrwasser hierauf weniger zu achten braucht. Aus dem angeführten Umstande muß auch folgen, daß man dem Durchschnitte eines Dampffahrzeuges selten diejenige Form geben kann, bei welcher es den geringsten Widerstand vom Wasser erfährt.

In der oben erwähnten Formel müssen l und p in niederländischen Ellen ausgedrückt werden; auch die Geschwindigkeit s muß in niederländischen Ellen gegeben sein, und meistentheils kann man annehmen, daß eine Geschwindigkeit von drei Ellen in stillem Wasser ein sehr vortheilhaftes Resultat gebe, indem dann auch ein Boot in jeder Stunde eine Strecke von zwei Stunden zurückzulegen vermag.

Der oben bestimmte Widerstand muß überwunden werden durch die Wirkung der Schaufelräder, und wenn nun der Effect der Schaufelräder mittelst einer Formel ausgedrückt ist, so muß dieselbe gleichgestellt werden einer der Formeln (1) oder (2), so daß die daraus hervorgehende Gleichung benutzt werden kann, um die Breite und Länge der Schaufeln zu bestimmen.

Es habe das Ruderrad (denn man kann die Wirkung beider vergleichen mit derjenigen eines Rades von der doppelten Breite) eine Breite $= b$ und einen Radius $= r$; die Höhe der Schaufeln sei $= h$, und die Umgangsgeschwindigkeit der Peripherie des Rades $= S$, während die Geschwindigkeit des Bootes $= s$ ist. Es sei endlich die Entfernung eines Punctes der Schaufeln vom Mittelpuncte des Rades $= x$, so ist die Geschwindigkeit dieses Punctes um so viel kleiner, als S, um wie viel x kleiner ist, als r, und also

$$= \frac{S x}{r}.$$

Aber während sich das Rad dreht, bewegt sich das Boot fort, und zwar mit der Geschwindigkeit s, und die Schaufeln berühren das Wasser dann nur mit einer Geschwindigkeit, welche gleich ist der Differenz der Geschwindigkeiten der Schaufeln und des

Fahrzeuges, d. h., für den oben genannten Punct der Schaufel mit einer Geschwindigkeit

$$= \left(\frac{Sx}{r} - s\right).$$

Inzwischen muß alles Wasser, welches die Schaufeln verdrängen, mit der Geschwindigkeit s weichen; denn die Wirkung des Rades muß die Ortsveränderung des Bootes zur Folge haben, und zwar mit der Geschwindigkeit s, welche deßhalb nicht erlangt werden kann, wenn nicht das Rad während der Umdrehung zugleich mit der Geschwindigkeit s fortschreitet und folglich das Wasser mit der Geschwindigkeit s, so zu sagen, verdrängt.

Der Effect hiervon ist gleich zu setzen dem Stoße des Wassers, welches mit der Geschwindigkeit s gegend irgend einen Theil der Oberfläche der Schaufel strömt; und wenn man alsdann sich bei'm Puncte x der Schaufel einen sehr kleinen Theil ihrer Oberfläche von der Breite b und einer sehr geringen Höhe X (z. B. $\frac{1}{10}$ Linie) denkt, dann muß der Druck, welchen die Schaufelräder bei'm Puncte x auf die Oberfläche bX zu überwinden haben, gleichgesetzt werden

$$1{,}5 \cdot G \cdot b \cdot X \cdot \frac{s^2}{2g}.$$

Und da die Geschwindigkeit, mit welcher das Wasser von der Linie x der Schaufel berührt wird $= \left(\frac{Sx}{r} = s\right)$ ist, so muß hierzu eine Quantität der Wirkung bestehen

$$= 1{,}5\, G \cdot b \,.\, X \cdot s^2 \left(\frac{Sx}{r} - s\right).$$

Natürlich muß für jeden Punct, oder vielmehr für jede Linie der Schaufel eine ähnliche Quantität der

Wirkung angewendet werden, um die Schaufel in Bewegung zu setzen; und die Summe aller dieser Wirkungen giebt dann den totalen Effect der Schaufel. Diese Summe nun kann nach den Regeln der höhern Mathematik gefunden werden und beträgt

$$1{,}5 \cdot G \cdot b \cdot h \frac{s^2}{2g} \left(\frac{Sr - \frac{1}{2} Sh - rs}{r} \right) \quad (3).$$

Dieses gilt jedoch nur unter der Voraussetzung, daß die Wirkung jeder Schaufel anhaltend ist und im rechten Winkel zum Wasser erfolgt. Diese Voraussetzungen weichen zwar von der Wahrheit ab, da aber die Schaufeln sehr geschwind aufeinander folgen, so darf man diese Voraussetzungen in practischen Rechnungen machen.

Die so eben bezeichnete Quantität der Wirkung ändert sich mit der Umdrehungsgeschwindigkeit S der Radperipherie, und es besteht also eine gewisse vortheilhafte Geschwindigkeit S, welche mit der geringsten Quantität der Wirkung erlangt wird.

Diese wird stattfinden, wenn die Geschwindigkeit

$$S = \frac{3r}{2r - h} \cdot s$$

ist, also beinahe $= \frac{3}{2} s$, so daß, um den vortheilhaftesten Effect der Schaufeln zu erlangen, die Umgangsgeschwindigkeit der Peripherie der Schaufelräder beinahe halb so groß sein muß, als die Geschwindigkeit der Fortbewegung des Bootes.

Setzt man diesen Werth der Geschwindigkeit S in die Formel (3), so findet man für die entsprechende Quantität der Wirkung

$$0{,}75 \cdot G \cdot b \cdot h \cdot \frac{s^3}{2g},$$

dieses ist, nachdem man für G und g die Werthe 1015 und 9,81216 (siehe Art. 115) gesetzt hat

beinahe $= 39 \cdot b \cdot h \cdot s^3$ . . . . . . (4).

Die Quantität der Wirkung, welche durch die Schaufelräder geleistet wird, muß nun gleich sein derjenigen, welche nöthig ist, um den Widerstand, den das Boot erfährt, zu überwinden, und die Formel (4) kann also gleichgesetzt werden der Formel (1) oder (2). So hat man alsdann, z. B., für den Fall, daß die Bewegung in stillem Wasser stattfindet

$$39 \cdot bh \cdot s^3 = (11 \cdot I + 0{,}15\ lp)\ s^3.$$

Um den Widerstand des Windes und der Strömung einigermaßen in Rechnung zu bringen, kann man bei der Bestimmung der Oberfläche der Schaufelbreter die Geschwindigkeit um $\frac{1}{10}$ größer nehmen, und die Gleichung wird dann

$$43 \cdot bhs^3 = (11 \cdot I + 0{,}15\ lp)\ s^3,$$

oder

$$43\ bh = (11 \cdot I + 0{,}15\ lp);$$

woraus folgt

$bh = \frac{1}{43}(11 \cdot I + 0{,}15\,lp)$ . . . . (5);

es giebt also diese Gleichung die totale Oberfläche der Schaufeln in Quadratellen, und da die zwei Schaufelräder hier als **ein** Rad betrachtet worden sind, so muß man die Oberfläche einer einzelnen Schaufel an jedem Rade berechnen durch die Gleichung

$bh = \frac{1}{86}(11 \cdot I + 0{,}15\ lp)$ . . . . . (6).

Es ist kein nothwendiges Erforderniß, daß die Schaufeln die Gestalt der Rechtecke haben; diese Form ist für die Verfertigung derselben zwar die bequemste, aber nicht die vortheilhafteste. Im Gegentheile würde es vortheilhafter sein, dem untern Rande der Schau-

feln eine elliptische oder vielmehr eine parabolische Gestalt zu geben; der Widerstand, den sie erfahren, wenn sie in's Wasser eingreifen und wenn sie aus demselben heraustreten, würde dann geringer sein und auch weniger nachtheilig auf die Kraft und auf den Fortgang des Bootes wirken, indem, z. B. bei dem Eingreifen der vordern Ränder rechtwinkeliger Schaufeln in die Wasseroberfläche der Vordertheil des Bootes immer mehr oder weniger gehoben wird; hierdurch wird aber bewirkt, daß das Boot viel Wasser zieht, was eine Vermehrung des Widerstandes zur Folge haben muß. Durch diese einfache Umgestaltung der Schaufeln würden sie vielleicht eine vortheilhaftere Wirkung gewähren, als man durch irgend einen der vielfachen Mechanismen zu erlangen glaubt, die für den Zweck vorgeschlagen worden sind, die Schaufeln vertical in das Wasser eintreten und auch so aus demselben austreten zu lassen.

Wenn man die Gleichung, welche oben angegeben ist (um die Quantität der Wirkung zu berechnen, die zur Ueberwindung des Widerstandes erforderlich ist, welchen das Boot erfährt), mit der Zahl 76 dividirt, so wird man dieselbe Quantität der Wirkung in Pferdekräften erfahren. Aber diese Zahl wird keineswegs das nominelle Kraftvermögen der Dampfmaschinen ausdrücken; denn wenn die Maschine auf das Einfachste eingerichtet ist, so wirkt sie unmittelbar auf die Ruderräder und treibt mittelst derselben das Boot vorwärts, und da sich die Geschwindigkeit der Räder zu derjenigen des Bootes verhält, wie sich verhält $\frac{3r}{2r - h}$ zu 1, so muß auch das Kraftvermögen der Maschine, welches auf die Ruderräder wirkt, sich zu dem Kraftvermögen einer Maschine verhalten, welche

das Boot unmittelbar bewegt, wie die Geschwindigkeit der Peripherie der Schaufelräder (oder lieber der Mitte der Schaufeln) zu der Geschwindigkeit des Bootes.

Hieraus ergiebt sich, daß die Summe der nominellen Kräfte von zwei Dampfmaschinen, welche in einem Boote aufgestellt sind, bestimmt oder ausgedrückt werden könne durch die Formel

$$\tfrac{1}{76} \cdot 43 \cdot bhs^3 \cdot \frac{3r}{2r - h} = 0{,}5658 \cdot bh \frac{3r}{2r - h} \cdot s^3 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (7).$$

Die Hälfte des Ergebnisses dieser Formel wird das nominelle Kraftvermögen einer dieser Maschinen sein (indem man in derselben gleichwohl für b die doppelte Breite eines der Schaufelräder nimmt); und wenn dann der Kolbenzug nach Umständen bestimmt ist, muß man den Durchmesser des Cylinders unter der Voraussetzung berechnen, daß der Kolben auf $\frac{2}{3}$ seines Laufes mit vollem Drucke wirkt, wobei man die weiter oben entwickelten Grundsätze zu befolgen hat.

Wenn der Durchmesser der Ruderräder nicht durch Umstände bestimmt wird, so läßt sich derselbe auf folgende Weise ziemlich approximativ bestimmen. Man setze die Zahl der doppelten Kolbenzüge der Dampfmaschinen = m, so bezeichnet diese Zahl zugleich auch die Anzahl der Umläufe der Schaufelräder in der Minute.

Der Durchmesser der Schaufelräder sei = D, so ist deren Peripherie = 3,1416 D, und der Raum, welcher zurückgelegt wird in 1′ von einem Puncte der Peripherie = 3,1416 · D · m. Dieser Raum muß für die vortheilhafteste Wirkung der Räder

$$= \frac{3r}{2r - h}$$

mal 60s (der Raum, welchen das Boot in 1' durchläuft) sein; deßhalb

$$3{,}1416 \cdot D \cdot m = \frac{3r}{2r - h} \cdot 60s;$$

wofür man beinahe setzen kann

$$3{,}1416 \cdot D \cdot m = \tfrac{3}{2} \cdot 60 \cdot s;$$

und hieraus ergiebt sich alsdann

$$D = 28{,}6478 \cdot \frac{s}{m} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (8).$$

Eben so wird man haben, wenn der Durchmesser der Schaufelräder gegeben ist

$$m = 28{,}6478 \cdot \frac{s}{D}.$$

Für eine mittlere Geschwindigkeit s von drei Ellen wird die Formel ganz einfach

$$D = \text{beinahe } \frac{86}{m}.$$

Wenn die Anzahl Ellen gegeben ist, welche der Kolben in 1' durchlaufen soll, so kann man den Durchmesser D auf dieselbe Weise von der Länge des Kolbenzuges abhängen lassen.

Schaufelräder von einem großen Durchmesser gewähren den Vortheil, gleichmäßiger durch's Wasser zu streichen, mit einem geringern Stoße in dasselbe einzutreten, leichter, d. h. ohne viel Wasser zu schöpfen, aus demselben auszutreten und weit besser, als es bei kleinen Rädern der Fall ist, nach Art der Schwungräder zu wirken, um die Bewegungen der Maschinen zu reguliren. Auf der andern Seite erzeugen sie eine beträchtliche Schwere, sind in wogendem Wasser mehr der Gefahr unterworfen, zurückgeschlagen zu werden, und können also sehr nachtheilig

auf die ganze Maschine wirken; sie erhöhen auch den Wirkungskreis über die Oberfläche des Wassers und geben deßhalb dem Fahrzeug eine geringere Festigkeit.

Damit die Wirkung der Schaufeln gleichmäßig sei, müssen sie auf einander so kurz wie möglich folgen, und hierzu scheint alsdann eine große Zahl Schaufeln am Geeignetsten zu sein. Auf der andern Seite darf gleichwohl der Abstand der Schaufeln nicht zu klein sein, weil alsdann im Wasser die Wirkung der folgenden Schaufel sehr durch die vorhergehende behindert wird. Das Wasser kann auch nicht in der nöthigen Quantität zwischen die Schaufeln treten, und es wird dann immer zum Nachtheile der Arbeitskraft bei'm Austritte der Schaufeln aus dem Wasser viel Wasser emporgetrieben.

Die Zahl der Schaufeln muß zum Wenigsten so groß sein, daß, wenn eine Schaufel sich in einem verticalen Stand unter dem Wasser befindet, die vorhergehende Schaufel gerade aus dem Wasser getreten ist und die folgende auch gerade in das Wasser eintauchen will. In vielen Fällen ist gleichwohl diese Anzahl nicht die vortheilhafteste, denn es wird nämlich die Wirkung der Schaufeln häufig regelmäßiger sein, wenn sich bei dem Eintauchen einer Schaufel zugleich zwei Schaufeln unter dem Wasser befinden, die dann von der aus dem Mittelpuncte des Rades gezogenen verticalen Linie einen gleichen Abstand haben. Und wenn man alsdann eine von diesen Bestimmungen annimmt, so hält es nicht schwer, entweder durch Berechnung, oder durch eine geometrische Construction die Zahl der Schaufeln zu bestimmen, sobald nur der Radius des Schaufelrades und die Höhe der Schaufeln, oder auch die Tiefe des Eingriffes der Räder im Wasser bekannt sind.

Die eben erwähnte Höhe der Schaufeln anlangend, muß man meistentheils bei der Bestimmung

derselben die Umstände zu Rathe ziehen; denn die Gleichung (6) läßt weiter nichts bekannt werden, als das Product $b h$, d. i. die Oberfläche der Schaufel. Schaufeln von einer großen Breite b und von einer rechtwinkeligen Gestalt geben einen größern Stoß bei'm Eintritt in's Wasser und können auch häufig in engem Fahrwasser nicht gut angewendet werden, oder sie wirken auf eine sehr nachtheilige Weise. Aber wenn man die Höhe h auch wieder zu groß nimmt, wird man den Durchmesser der Schaufelräder und deren Schwere häufig ohne Noth vermehren. $h = \frac{1}{4} b$ scheint eine größte und $h = \frac{1}{7} b$ eine kleinste Höhe zu sein, so daß man, ohne auf besondere Umstände Rücksicht zu nehmen, $h = \frac{1}{5} b$ für einen mittlern Werth der Höhe annehmen muß.

Achtes Kapitel.

Von den Locomotiv-Dampfmaschinen.

Locomotiven oder Dampfwagen sind Dampfmaschinen mit zwei Cylindern, die mit hoher Pressung, ohne Condensation, aber häufig mit Expansion arbeiten. Die Kolbenbewegung wird mittelst Kurbelstangen einer mit Kurbeln versehenen Achse mitgetheilt, an welcher zwei Räder befestigt sind, welche umgedreht werden und auf diese Weise nicht allein die Maschine, sondern auch die mit derselben verbundenen Transportwagen fortbewegen.

Die Locomotivenkessel haben eine eigenthümliche Gestalt und Einrichtung; ihr Heerd ist von einem Kasten mit doppelten Wänden umgeben, der einen Wassermantel um der Feuerung bildet. Die Luft dringt in den Heerd durch den Rost ein. Die durch

die Verbrennung entstehende Flamme und Gase, sowie der Rauch, strömen durch sehr viele Röhren, welche sämmtlich von Wasser umgeben sind, nach der Esse. Da die Röhren nur einen geringen Durchmesser haben, so würden Flamme und Gase aus dem Heerde wegen der Reibung oder der Abkühlung, welche sie darin erleiden, nicht schnell hineindringen, wenn sie nicht durch einen sehr starken Zug dazu genöthigt würden.

Die Locomotiven unterscheiden sich von allen andern Arten von Dampfmaschinen dadurch, daß ihre Kraft durch den Raum beschränkt wird, welchen sie vermöge der fast stets gleichen Spurbreite der Eisenbahn einzunehmen vermögen. Der Kraftunterschied dieser Motoren ist daher nicht bedeutend, und sie unterscheiden sich daher im Allgemeinen nur durch die Größe der Last, welche sie fortschaffen können, sowie durch die Geschwindigkeit, welche sie im Verhältniß zu der Belastung zu erlangen vermögen.

Man unterscheidet in dieser Beziehung drei Arten von Locomotiven:

1. Locomotiven zum Personentransport mit großen Geschwindigkeiten, d. h. ohne die Zeit des Anhaltens, von etwa 6 deutschen Meilen in der Stunde.
2. Locomotiven zum Personentransport mit einer mittlern Geschwindigkeit von etwa 4½ Meilen in der Stunde.
3. Locomotiven zum Gütertransport mit einer Geschwindigkeit von etwa 3 bis 3½ Meilen in der Stunde.

Alle diese Locomotiven haben jetzt drei Räderpaare, die mit ihren Achsen fest verbunden sind.

Diese Räder sind entweder Trieb- oder Laufräder, oder beides zugleich. Die erstern sind diejenigen, auf welche die Triebkraft einwirkt und durch

deren Adhäsion an die Schiene die Bewegung der Locomotive bewirkt wird. Je bedeutender die Last ist, welche von einer Locomotive fortgeschafft werden soll, um so mehr Triebräder hat sie. Maschinen, die mit großer Geschwindigkeit fahren sollen, haben nur 2, Maschinen für Güterzüge 4 und auch 6 Triebräder. Die Triebkraft wirkt dann, wie bei den ersten, auf 2 Triebräder ein und die übrigen 2 oder 4 sind mit jenen durch Kurbelstangen verkuppelt.

Der Bau oder die Construction der Locomotiv-Dampfmaschinen hängt daher von den folgenden vier Hauptstücken ab:

1. Spurweite der Bahn.
2. Die größte Entfernung der beiden äußern Achsen von einander.
3. Die Beschaffenheit des anzuwendenden Brennmaterials.
4. Die Zugkraft, deren man sich bedienen will.

Wir können diese Puncte nur andeuten, können uns aber hier auf ihre nähere Betrachtung nicht einlassen.

Ein anderer Unterschied der Locomotiven besteht darin:

1. Ob die Cylinder innerhalb des Gestelles;
2. ob sie außerhalb desselben liegen.

Ferner:

1. Ob die Cylinder eine horizontale;
2. ob sie eine geneigte Lage haben.

Endlich unterscheidet man auch noch:

1. Locomotiven, deren Dampf ohne,
2. solche, deren Dampf mit Expansion arbeitet.

Nach diesen allgemeinen Bemerkungen wollen wir nun zuvörderst mit Hülfe von Abbildungen die Beschreibung von einer gewöhnlichen Locomotive geben; dann die wichtigsten Theile derselben etwas nä-

her betrachten, und zuletzt von der Anwendung der Expansion auf den Betrieb der Locomotiven reden.

I. Beschreibung einer gewöhnlichen Locomotive ohne Expansion.

Wir beschreiben hier, mit Hülfe von den Figg. 206 bis 209, eine gewöhnliche, ohne Expansion arbeitende Locomotive mit 4 Triebrädern, zum Transport von Gütern oder Personen, mit mittlerer Geschwindigkeit, aus der berühmten Maschinenfabrik von Rob. Stephenson u. Comp. zu Newcastle am Tyne.

Fig. 206 ist ein Längendurchschnitt der Maschine.

Fig. 207 ein horizontaler Durchschnitt.

Fig. 208 ein Querdurchschnitt durch die Rauchkammer.

Fig. 209 stellt die Cylinder und die Schieberventile für sich allein dar.

AA ist die Dampfkuppel. A' der quadratische Ofen. A'' der Boden, auf welchem der Locomotivführer und der Heizer stehen. BB die Rauchkammer. B' die Esse, die auf der Abbildung, des Raumes wegen, gebrochen dargestellt worden ist. C der Kessel. E Blaserohr. GG Cylinder. H Kolben. K die Kurbelachse. J Excentrikstange, um die entgegengesetzte Bewegung des einen Triebkolbens hervorzubringen. J' Excentrikstange, um die entgegengesetzte Bewegung des andern Triebkolbens zu veranlassen. MN Schenkel der Excentrikgabel. O Excentrikgabel. Q Hebel, durch welchen die Locomotive zum Stillstehen gebracht, oder eine entgegengesetzte Bewegung hervorgebracht wird. Q' der Drehpunct des Hebels. S Röhre mit weiter Mündung, welche in der Dampfkuppel aufwärts steht, so daß der Dampf nicht zuviel Wasser in die Cylinder führt. S' Röhre, in welcher das Regulatorventil angebracht worden ist. S'' die durch den

Kessel gehende Dampfröhre und S''' ihr senkrechtes Ende, welches durch die Rauchkammer zu den Cylindern führt.

T Querstange zwischen den Kolbenleitungen, welche zur Führung der Ventilstangen führt. U Hahn an der Speiseröhre, da wo sie in den Kessel geht. YY das Gestell der Locomotive. aa das Wasser rings um den Ofen oder die Heizkammern, der durch Bolzen verstärkt worden ist. a'a' Feuerrost. a''a'' Feuerröhre. d, d zwei Sicherheitsventile auf der Dampfkuppel, die mit Federwagen belastet sind. d' Dampfpfeife. a''' Feuerthür. g die Triebkurbel für die einen und g' die für den andern Cylinder. h, h die Kolbenstangen. h', h' die Kurbelstangen oder Bläuel. h'', h'' die Leitungen für die Querstangen der Kolben.

i Excentrikstange für den einen Cylinder zum Vorwärtsgange und i' die des andern Cylinders. l, l sind die Kuppelungsstangen, womit den hintern Triebrädern die Bewegung der mittlern der Haupttriebräder mitgetheilt wird. mn Schenkel der Excentrikstange zur Vorwärtsbewegung.

p Speisepumpe, von welcher p' der Kolben und p'' die Kolbenstange, die mit der excentrischen Scheibe durch einen Nagel verbunden ist. qq lange Stange, welche den Hebel, welchen der Locomotivführer mit der Hand ergreift, mit dem Hebel q' verbindet, der an der Welle x sitzt. An derselben ist noch ein zweiter Hebelarm q' befindlich, der mit der Stange q'' und dadurch mit dem Ende der einen Excentricstange verbunden ist. Die Enden der Excentrikstange eines jeden Cylinders sind permanent mit einer kurzen Stange verbunden, und eine jede ist an ihrem Ende mit einem Nagel versehen, der in die Gabeln paßt, die in diesem Falle mit der Schieberstange verbunden sind. r ist die Regulatorkurbel, welche an der Regu-

latorspindel sitzt, die ihrerseits durch eine Stopfbüchse in die Dampfröhre s' geht, und deren anderes Ende mit dem Regulator r' verbunden ist. s s ist die Ventilbüchse, in der die Schieberventile der beiden Cylinder, die einander die Rückseiten zukehren, angebracht worden sind. t Schieberventil. t' Ventilstange. t'' Verlängerung der Ventilstange durch das vordere Ende der Cylinder, sowie auch durch die Querstange T.

u' Saugröhre, welche von dem Tender zu der Speisepumpe führt. u'' u'' Druckröhre und Ventilsitz der Speisepumpe. u''' u''' Speiseröhre, welche zum Kessel geht.

x Achse oder Welle für die Hebel zur Rückwärtsbewegung. y y Zapfenlager. z z Thür zur Rauchkammer.

II. Nähere Beschreibung der wichtigsten Theile einer Locomotive.

Von dem Luftzuge. Der Zug, welcher den Zweck hat, in dem Heerde die Erneuerung der Luft herzustellen, die der Verbrennung der Coaks den erforderlichen Sauerstoff zuführt, wird dadurch hervorgebracht, daß man den benutzten Dampf mit einer eben so hohen Pressung entweichen läßt, als die ist, bei welcher er in den Cylindern wirkte, um den Kolben die hin- und hergehende Bewegung zu ertheilen, die alsdann an den Rädern in eine rotirende verwandelt wird. Dieser Dampf strömt nun aus den Cylindern in die Esse durch eine Röhre aus, die oben verengt ist, um die Dauer dieses Ausströmens zu verlängern. Diese Ausströmungen folgen aufeinander; ihre Menge hängt von der größern oder geringern Geschwindigkeit der Maschine, ihre Kraft von dem stärkern oder geringern Druck des Dampfes ab. Die Geschwindigkeit des Dampfes bei dem Ausströ-

men ist die, welche sein anfänglicher Druck hat, die Ausflußöffnung sei, welche sie wolle; allein der Druck vermindert sich sogleich, wenn die Oeffnung groß, er vermindert sich weniger schnell, wenn sie kleiner ist. Die Verkleinerung der Oeffnung veranlaßt daher ein stetigeres Ausströmen, allein nicht die anfängliche Geschwindigkeit des Dampfes. Es folgt aus dieser Erhöhung der Dauer, daß, wenn die Maschine sehr rasch geht und daher viel Dampf oder vielmehr derselbe in geringeren Zwischenräumen ausströmt, der Druck des unnützen Dampfes dem Gange der Maschine einen Widerstand leistet.

Die große Ausströmungsgeschwindigkeit des Dampfes in der Esse ertheilt der darin befindlichen Luft eine ähnliche Geschwindigkeit. Diese Luft kann aber nur durch einen Strom ersetzt werden, der durch den Rost, den Ofen und die Röhren geht.

Der Zug wird daher, statt durch Einblasen, durch Ansaugen hervorgebracht.

Wir bemerken, daß die Verengung des Ausströmungs- oder Ausblaserohrs an seinem Ende, welche den Zweck hat, dem Ausströmen des Dampfes ein Hinderniß entgegenzusetzen und die Dauer seiner Entwickelung zu vermehren, einen fortwährenden Druck des benutzten Dampfes veranlaßt, welcher, der Regel nach, nicht vorhanden sein sollte. Dieser Druck wirkt daher dem Kolbenspiel entgegen, und der Zug entzieht folglich der Maschine einen merklichen Theil der Kraft. Bei einem langsamen Gange macht sich sein Einfluß nicht geltend, weil die Zeit, in der der Dampf wirkt, im Verhältnisse zu der, in welcher er entweicht, von zu kurzer Dauer ist; allein bei einer großen Geschwindigkeit erfolgt das Ausblasen des Dampfes so rasch aufeinander, daß die Wirkung des Druckes in dem Blaserohre fast ununterbrochen ist. Dieser Druck leistet alsdann dem Kolbenspiel einen der ihn veran-

lassenden Kraft gleichen Widerstand. Die größte Geschwindigkeit, welche die Locomotiven erlangen können, beträgt 1000 bis 1250 Meter (265,5 Preuß. Ruthen) in der Minute. Alsdann kommen die von der Geschwindigkeit des Dampfes bei seinem Eintritt in die Cylinder herrührende Verminderung des Drucks und der Widerstand, den er bei seinem Ausströmen aus dem Blaserohr erleidet, in's Gleichgewicht mit der Kraft der Maschine und dem Widerstande, welchen die Arbeit und der Widerstand gegen das Ausströmen des Dampfes ihr entgegensetzen *).

Um zu sehen, wie groß die Differenz zwischen der Kraft und dem Widerstande zu Anfang der Bewegung eines von einer Locomotive gezogenen Wagenzuges ist, müßte man darauf rechnen, daß diese beschleunigende Kraft der Masse eine größere Geschwindigkeit ertheile, als sie wirklich erreicht; denn man weiß, daß der zu überwindende hauptsächlichste Widerstand, nämlich der Reibungs-Coefficient des Zuges auf den Schienen, nicht mit der Geschwindigkeit zunimmt. Es muß daher der Widerstand der Luft einerseits und der des ausströmenden Dampfes andererseits mit der Geschwindigkeit sehr stark zunehmen, weil die Beschleunigung so bald durch die Wirkung dieser beiden Kräfte, im Verein mit der Zunahme des eigenen Widerstandes der Maschine, überwunden ist.

Dadurch erklärt es sich deutlich, warum die ersten Kolbenzüge der Maschine sehr wirksam sind: deßhalb, weil keine Geschwindigkeit Statt findet und

---

*) Bei einer Geschwindigkeit von 60000 Meter oder von 15 Lieues in der Stunde und bei den Rädern von 1,60 Met. Durchmesser beträgt die Anzahl von Dampfausblasungen in der Secunde etwa 13,2, die der Radumgänge 12000 in der *Stunde, oder* 3,3 in der Secunde.

weil alsdann der Dampf in den Cylindern mit derselben Spannung wirkt, die er im Kessel hat.

Der Zug ist nichtsdestoweniger die Bedingung einer hinlänglichen Dampferzeugung, um die Maschine in einem geschwinden Gange zu erhalten; er führt in den Heerd die Luft herbei, die dort ebenso nöthig ist, als die Coaks, deren Verbrennung die Wärme entwickelt, oder wie das Wasser, welches in Dampf verwandelt wird.

Eine Locomotive besteht aus mehreren verschiedenen Theilen, die der Mechaniker gehörig kennen muß.

Von dem Kessel. — Der Kessel ist der wichtigste Theil der Maschine; er besteht aus dem Feuerkasten oder Ofen, dessen Boden mit dem Roste versehen ist, und dessen vier Wände doppelt sind, so daß er auf seinen vier Seiten mit einer 6 bis 8 Cent. (27 bis 36 Linien rheinl.) starken Wasserschicht umgeben ist. Es ist wichtig für die Maschinenbauer, die Stärke dieser den Ofen umgebenden Wasserschicht nicht zu vermindern, indem sonst die Geschwindigkeit des Dampfes, die durch eine, in Folge der großen Hitze, der die Wände ausgesetzt sind, sehr starke Verdampfung veranlaßt worden, das Wasser verhindern würde, den Dampf in diesem Theile des Kessels augenblicklich zu ersetzen. Da die Wände durch das Wasser alsdann nicht hinlänglich abgekühlt werden würden, so würden sie einen hohen Temperaturgrad annehmen und die Bildung von Incrustationen begünstigen. Da der Raum sich alsdann verengen würde, so müßten die Wände rothglühend werden und sich verbiegen, oder sie müßten sehr schnell verbrennen. Dadurch erklären sich die großen Unannehmlichkeiten dieser Art, wenn in den Kesseln dieser

Raum nicht weiter als 5 bis 6 Cent. (22 bis 27 Linien) ist. Die Decke des Ofens ist durch eiserne Rippen verstärkt, so daß er durch den Druck des Dampfes seine Gestalt nicht verändert. Ebenso sind auch alle ebenen Theile an der Vorderseite des Kessels, die unter sehr ungünstigen Umständen in Beziehung auf den innern Druck des Dampfes sind, durch Verankerungen sehr fest miteinander verbunden, damit sie nicht ihre Gestalt verändern. Anders ist es mit dem cylindrischen Theile, welcher dem Drucke des Dampfes ohne das Bestreben, seine Form zu verändern, widersteht; durch diesen cylindrischen Theil des Kessels gehen 100 bis 150 messingene Röhren, durch welche die Flamme, die durch die Verbrennung erzeugten Gase und die nicht im Ofen verbrannte Luft ziehen. Die Röhren sind in zwei Platten eingefügt, von denen die eine eine der Ofenwände und die andere das entgegengesetzte Ende des Kessels bildet.

Nach der complicirten Einrichtung dieses Apparats wird man einsehen, wie das Spiel der unwiderstehlichen Kräfte der Ausdehnung und Zusammenziehung, welche Folge der Erhöhung und der Verminderung der Temperatur sind, denselben aus seiner Form zu bringen suchen und um so ungleicher darauf einwirken muß, als alle dem Drucke der Dämpfe ausgesetzte Oberflächen nicht alle die günstigsten Formen, um diesem Drucke widerstehen zu können, haben; auch schwächen die ebenen Theile die erstern.

Endlich wird der Kessel auch dadurch aus seiner Form gebracht, daß seine beiden Enden an dem Wagengestelle befestigt sind, und daß Anker oder Stangen durch denselben gehen, die auf der einen Seite an der äußern Wand des Ofens, auf der andern an der des Cylinderkastens befestigt sind. Da nun diese

Stangen von dem Feuer fern liegen und von der Luft abgekühlt werden, so folgen sie nicht den Bewegungen, welche die Ausdehnung in dem Körper des Kessels hervorbringt. Auch werden die Stangen an ihren Enden oft lose, so daß dann Wasser hindurchdringt. Diese großen Nachtheile können von den Maschinenbauern leicht vermieden werden, da die Befestigung der Stangen an den Wänden des Ofens ganz nutzlos ist, indem sie gar nicht den Zweck haben, das Hinter- und das Vordertheil des Kessels miteinander zu verbinden.

Aus allen diesen einander entgegenwirkenden Kräften folgt, daß die Locomotiven bei ihrer festen Verbindung eine Elasticität annehmen, die schwierig wahrzunehmen ist, die aber dem Gange durchaus nicht schadet, sondern die, nachdem sie eine Zeit lang benutzt worden sind, ihren Betrieb erleichtert.

Sind die Maschinen an ihren verschiedenen Theilen zu ungleich construirt, so giebt der schwächere dem andern nach und leidet allein. Die Kunst des Erbauers besteht demnach darin, zu Formen zu gelangen, die mit einer hinlänglichen Festigkeit so viel Leichtigkeit verbinden, daß das ganze System eine gewisse Elasticität erlangt.

Die Rostoberfläche wechselt von 60 bis 100 Decimeter. Die Heerde dieser letztern Dimension sind eine neuere Einrichtung, sie erleichtern den Betrieb der Maschinen und sichern die größere Regelmäßigkeit des Transportes, selbst wenn sie schwerere Wagenzüge, oder dieselben Züge auf stärkern Steigungen ziehen. Sie werden auch eine Brennmaterial-Ersparung veranlassen, wenn die Heizer, mittelst des von Stephenson erfundenen Registers, den Zug nach der Menge des Dampfes, dessen man bedarf, zu reguliren im Stande sind. Die von großen Heerden zu erlangende Brennmaterialien-Ersparung kommt

daher, daß auf solchen die Hitze verhältnißmäßig weit regelmäßiger, als auf kleinen ist; jedoch wird sie durch den Coaksverlust, welcher bei den weit auseinanderliegenden Roststäbchen unvermeidlich ist, wieder vermindert. Große Heerde enthalten fast die Hälfte Brennmaterial mehr, als kleine. Es ist möglich, daß die durch das Glühen einer so großen Coaksmenge hervorgebrachte Temperaturerhöhung auf die ebenen Flächen des Feuerkastens, der so bedeutende Dimensionen besitzt, einen sehr nachtheiligen Einfluß ausübt. Nur die Erfahrung allein wird zeigen, ob es, wie wir anzunehmen geneigt sind, besser ist, die Tiefe des Feuerkastens, als die Oberfläche des Rostes zu vermehren. Es ist möglich, daß die Tiefe des Feuerkastens, verbunden mit der Anwendung eines eben so wenig, wie Coaks aus backendem Brennmaterial, vortheilhafter, als die Vermehrung der Rostoberfläche sein wird. Indem die Luft eine starke Coaksschicht durchströmt, wird ein bedeutender Theil derselben zu der zur Verbrennung erforderlichen Temperatur gelangen, statt daß er unverbrannt durch den Heerd geht, wie dieß der Fall ist, wenn zu große Stücken, oder eine zu dünne Schicht von Coaks auf dem Roste liegt.

Nach der Beschreibung, die wir von dem Kessel der Locomotiven geben, folgt, daß derselbe nicht allein sehr kräftige Dämpfe, sondern dieselben auch sehr leicht erzeugen muß. Wenn demnach durch den in sehr kleinen Zwischenräumen hintereinander mit einer hohen Pressung entweichenden Dampf ein starker Zug hervorgebracht worden ist und die Gluth des Ofens alle Flächen des Feuerkastens und der Heizröhren auf eine hohe Temperatur gebracht hat: so findet eine außerordentlich starke Dampferzeugung statt. Oeffnet man aber die Ofenthür, so dringt dadurch sehr viel kalte Luft ein, und wenn man die Pumpen lange

offen erhält, so gelangt eine große Menge kaltes Wasser in den Kessel; die Dampfentwickelung wird alsdann sogleich geringer, der Druck geschwächt und ist alsdann zu einem schnellen Betriebe der Maschine unzureichend.

Sowohl bei den Locomotiven, als auch bei den feststehenden Dampfmaschinen, muß das Wasser alle mit dem Brennmaterial, mit der Flamme oder mit der heißen Luft in Berührung stehenden Theile umgeben. Läßt man dieß unberücksichtigt, so setzt man sich mehrern Nachtheilen aus, von denen der gewöhnlichste das Verbrennen der vom Wasser entblößten Theile ist.

Auch verlieren sie dadurch ihre Form, weil, wenn diese Flächen durch die Berührung mit der Flamme rothglühend geworden sind, sie ihre Festigkeit einbüßen und dem Drucke der Dämpfe nachgeben.

Der größte Nachtheil aber, der aus dem Rothglühen der vom Wasser entblößten Oberflächen entstehen kann, sind Explosionen. Diese erfolgen aber, wenn durch plötzliche Einführung von Wasser in den Kessel die augenblickliche Dampferzeugung in demselben so bedeutend ist, daß das Ausströmen durch die Schieb- und Sicherheitsventile verhältnißmäßig zu gering ist.

Ereignisse dieser Art sind bei den Locomotiven nur selten, weil in diesem Falle der Maschinist vor dem Füllen des Kessels das Feuer herauswirft, oder es so vermindert, daß die vom Wasser entblößten Theile erkalten können.

Wenn bei'm Abfahren eines Wagenzuges der Wasserstand in dem Kessel unter dem Deckel des Ofens befindlich wäre, und wenn dieser von dem Wasser nicht abgekühlte Theil rothglühend würde, so könnten in Folge der weiterhin beschriebenen Erscheinung der künstlichen Erhöhung des Wasserbestandes,

bei zunehmender Dampferzeugung, die glühenden Theile augenblicklich mit Wasser bedeckt werden und Veranlassung zu einer stärkern Erzeugung von Dämpfen geben, als durch die Ventile entweichen können. Jedoch ist ein solcher Zufall fast unmöglich, da im Gegentheile bei'm Abgang immer ein Ueberschuß von Wasser im Kessel ist.

Eine andere Bedingung der Schonung der Kessel besteht darin, daß die Ventile alle erzeugten Dämpfe entweichen lassen können, und daß sie nach einem weit geringern Drucke regulirt sind, als der Kessel auszuhalten vermag.

Die gesetzliche Probe, der die Locomotivenkessel unterworfen sind, ist ein Druck von 15 Atmosphären in der Kälte. Heiß steigt der Druck selten über sieben Atmosphären; er beträgt gewöhnlich fünf, wenn die Maschine im Betriebe ist, und vier, wenn sie steht.

Endlich ist eine sehr wesentliche Bedingung für die gute Erhaltung der Kessel, die Bildung der Bodenkruste oder des sogenannten **Kesselsteins** zu verhindern, welcher aus den Kalktheilchen entsteht, die sich bei der Verwandlung des Wassers in Dampf niederschlagen. Dieser Kesselstein wird um so fester, jemehr er an Dicke zunimmt. Er setzt sich hauptsächlich an den Theilen an, welche die größte Dampfmenge produciren, und da er ein sehr schlechter Wärmeleiter ist, so folgt daraus, daß die Verdampfung geringer, und daß das Metall, welches mit der Rinde überzogen ist, weit stärker erhitzt wird, da es das Wasser durch seine unmittelbare Berührung nicht abkühlt. Die Erhöhung der Temperatur des Metalls vermehrt die Bewegungen der Ausdehnung; sie vermindert den Widerstand des Metalls gegen den Druck, und sie verändert es durch Verbrennen. Man muß

daher den Kessel auf die weiterhin angegebene Weise recht oft reinigen.

Es giebt mehrere Mittel zur Verhinderung der Bodenkruste; das eine besteht darin, ihre Erhärtung dadurch zu vermeiden, daß man Töpferthon in den Kessel wirft; eine andere, daß man in das Wasser im Tender eine färbende Substanz, wie Campecheholzspäne, in Leinen eingebunden, oder in einem geflochtenen Körbchen hineinhängt. Da das Wasser in den Tendern oft erwärmt ist, so wird es sich mit einer hinreichenden Menge von den färbenden Theilen vermischen, um das Festhängen der Niederschläge zu verhindern. Da dieselben ganz außerordentlich zur Zerstörung der Locomotiven beitragen, so ist es höchst wichtig, die größte Aufmerksamkeit darauf zu verwenden und die Mittel, sie zu entfernen, sehr genau zu studiren.

Erscheinungen der Dampferzeugung. Einige von den bei der Dampferzeugung in den Locomotiven stattfindenden Erscheinungen, muß man kennen lernen. — Wenn der Heerd viel Hitze entwickelt und der Druck des Dampfes bei seinem Ausströmen aus den Cylindern stark genug ist, um einen bedeutenden Zug hervorzubringen, so erreicht die Kraft der Dampferzeugung ihr Maximum; in diesem Augenblicke scheint sich der Wasserstand in dem Kessel künstlich um 6 bis 8 Centimeter (2 bis 3 Zoll) zu erhöhen, welches daher rührt, daß der sehr schnelle Durchgang der Dampftheilchen durch das Wasser dessen Volum vermehrt.

Sobald man durch Schließung des Regulators das Ausströmen des Dampfes verhindert hat, so nimmt das Wasser wieder seinen gewöhnlichen Stand an. Dasselbe erfolgt auch durch Einspritzen von kaltem Wasser in den Kessel, indem dasselbe die Dampftheilchen verdichtet, die es in dem heißen Wasser fin-

det und in demselben daher die verlorne Dichtigkeit wiedergiebt. Es folgt daraus, daß der Wasserstand während der Speisung des Kessels lange derselbe bleibt, und daß die Einführung von Wasser sich anfänglich nur durch die Verminderung des Druckes zeigt. Die künstliche Erhöhung des Wasserstandes ist übrigens in der Nähe der Stelle, wo der Dampf aufwärts steigt, um in den Cylinder geführt zu werden, weit größer, als an andern Puncten des Kessels; und bei den Kesseln, bei denen die Indicatorröhre in der Nähe jener Stelle angebracht worden ist, und wenn die den Feuerkasten umgebenden doppelten Wände des Ofens nur eine geringe Dicke für das Wasser, welches sie enthalten, lassen, zeigt sich die obige Erscheinung in bedeutender Intensität.

Eine Erscheinung, deren Kenntniß ebenfalls wichtig erscheint, ist die größere oder geringere Geneigtheit der Locomotiven, mit dem Dampf auch eine gewisse Quantität Wasser wegzureißen. Die Quelle dieser nachtheiligen Wirkung sind verschiedene Ursachen: die einen hängen von dem Maschinisten ab, wenn er den Regulator zu weit öffnet, wodurch der Druck vermindert und ein starkes Kochen veranlaßt wird, so daß die in die Höhe gestiegenen Wassertheilchen mit dem Dampfe ausströmen. Oder der Maschinist füllt seinen Kessel zu sehr mit Wasser, so daß es bis zu der Kuppel steigt, in welcher das senkrechte Stück der Dampfröhre befindlich ist; in diesem Falle werden durch die Geschwindigkeit des Dampfes auch Wassertheilchen mit fortgerissen. Oder es können fettige Materien in den Kessel gebracht worden sein und sich auf den innern Wänden ausgebreitet haben; werden nun diese Materien mit dem Wasser vermischt, so geben sie ihm eine ähnliche Eigenschaft, wie die Milch besitzt, wenn sie in's Kochen kommt, und es wird in

erzeugung hat demnach die gewöhnlichen Bedürfnisse der Maschinen weit überstiegen.

Dieser Umstand giebt Veranlassung zu einigen Betrachtungen über die bei dem Locomotivenbetriebe einzuführende Brennmaterialersparung.

Die Locomotiven mit Cylindern von 30 bis 31 Centimeter (11½ bis 12 Zoll rhein.) und mit Heerden von 65 bis 70 Centimeter (25 bis 27 Zoll) im Quadrat erzeugen nur eine solche Dampfmenge, wie sie bei einer Geschwindigkeit von 9 Lieues (5½ deutsche Meile) in der Stunde und bei einem mittleren Drucke von 3 Atmosphären erforderlich ist. Dieser Druck ist im Allgemeinen zum Transport gewöhnlicher Züge hinlänglich, indem dieselben oft selbst einen geringeren Druck erfordern und der Maschine daher eine größere Geschwindigkeit geben.

Die neuen Maschinen von großen Dimensionen, deren Heizoberfläche in einem weit stärkeren Verhältnisse, als die Cylinder es sind, vergrößert worden ist, können dieselbe Geschwindigkeit von 9 Lieues und Dampf von einem Drucke von 3½ Atmosphären hervorbringen. Ein solcher Druck ist zum Betriebe der gewöhnlichen Züge auf Rampen von 0,005 Meter ($\frac{1}{200}$) erforderlich; allein wenn diese Maschinen auf der St. Germain-Eisenbahn gehen, so erzeugen sie viel zu große Dampfmengen, weßhalb die Verbrennung nothwendig regulirt werden muß.

Die Mittel, welche die Maschinenführer jetzt zu ihrer Disposition haben, um den Brennmaterialienverbrauch zu vermindern, bestehen darin, weniger Coaks auf den Rost zu werfen und die Ofenthür während des Betriebes zu öffnen. Jedoch haben beide Mittel große Nachtheile. Ist der Rost wenig beladen, so kühlt die geringste Menge von frischem Brennmaterial, die aufgeworfen wird, den Ofen sehr ab; auch ist der Coaksverlust bedeutend, weil er auf dem Roste,

Differenz des Druckes in dem Kessel und in dem zu jenem führenden Rohre zu. Die Kraft der Maschine würde vermindert werden, wenn es wahr wäre, daß bei größerer oder geringerer Regulatoröffnung die Maschine mit größerer oder geringerer Kraft arbeitet; allein diese Annahme ist in der Praxis durchaus nicht richtig, und man würde sich sehr täuschen, wenn man, zur Erlangung der größten Geschwindigkeit der Maschine oder ihrer größten Zugkraft mit einer bedeutenden Belastung, den Regulator vollständig öffnen wollte. Die Erfahrung zeigt, daß in diesem Falle eine Dampfabsorption Statt findet, die mit dem größten Nutzeffecte nicht im Verhältnisse steht, und daß, wenn bei'm Abgange der Regulator ganz offen ist, die Wassermenge im Kessel sich nach kurzer Zeit so vermindert, daß die Speisung, ohne den Kessel abzukühlen, schwierig wird, so daß Dampferzeugung und Dampfdruck unzureichend für den Betrieb werden. Die Ursache davon liegt in der Wassermenge, die der Dampf, in Folge der Einrichtungen und der Construction des Kessels, mit wegreißt, sowie auch in der fast gänzlichen Unmöglichkeit der Maschine, fortwährend eine so große Dampfmenge zu liefern, als die Cylinder bei einer so großen Geschwindigkeit verbrauchen. In dem Augenblicke, daß der Betrieb anfängt, hat die Dampferzeugung, welche durch das Durchströmen der Flamme durch die Heizröhren erfolgt, die Wirkung, das Wasservolum zu vermehren, indem seine Dichtigkeit mechanisch vermindert wird, so daß sich daher sein Niveau in dem Kessel erhebt. Man begreift, daß in diesem Falle, wenn aller erzeugte Dampf ausströmt, ohne daß das Wasser, welches er in Suspension enthält und welches er mit fortnimmt, durch einen Druck in dem Kessel, der höher, als der in den Dampfleitungen ist, aufgehalten wird, dieses durch den Dampfstrom mit fortgerissene Wasser sich

mit demselben erheben und in die Cylinder, sowie nach Außen hin, mit fortgerissen werden wird. Die Regulatoröffnung muß daher so vermindert werden, daß der Druck im Kessel stärker, als in der Dampfleitung ist. Unter dem Einflusse dieses Druckes trocknet der Dampf mehr; es findet eine Art Aufhalten Statt, dessen Wirkung ohne Zweifel die ist, daß die Differenz der Dichtigkeit zwischen Wasser und Dampf mehr hervortritt, und daß der Dampf das Wasser zurückläßt, welches er nur in Folge seines lebhaften Emporsteigens aufgenommen hatte. Der Beweis, daß der Wasserstand im Kessel sich nur durch die mechanische Wirkung des durch die Röhren veranlaßten aufsteigenden Dampfes erhöhet, liegt darin, daß, wenn man den Regulator verschließt, das Niveau sogleich auf seinen wirklichen Punct zurückfällt.

Dieses Sinken des Wasserstandes, welches jedesmal dann erfolgt, wenn man die Ausflußöffnung verkleinert oder gänzlich verschließt, beruht auf dem physikalischen Gesetze der Dampfbildung unter verschiedenem Drucke.

Das Wasser ist, sowie alle übrigen Flüssigkeiten, nur in gewissen Temperaturen und unter gewissem Drucke in seinem Aggregatzustande permanent. So kann man die Verwandlung der Flüssigkeiten in Dampf unter dem Einflusse zweier verschiedener Zustände bewirken, nämlich des Druckes und der Temperatur. Vermindert man den auf eine Flüssigkeit ausgeübten Druck, ohne daß sich die Temperatur verändert, so wird sie verdampfen. Es ist dieß z. B. bei'm Wasser in einer Temperatur von 66° C. der Fall, wenn man den Druck auf seine Oberfläche um 0,25 Atmosphären vermindert. Und erhöhet man, auf der anderen Seite, die Temperatur bei gleichbleibendem Drucke, so gelangt man ebenfalls dahin, die Flüssigkeiten in Dampf zu verwandeln. So verändert das Wasser, unter dem Einflusse des ge-

wöhnlichen atmosphärischen Druckes, seinen physikalischen Zustand erst bei 100°, und unter dem Drucke von 2 Atmosphären erst bei 121°, 55.

Auf dieser Beziehung zwischen Temperatur und Druck bei der Dampferzeugung beruht das Sinken des Wasserstandes in den Kesseln, wenn man durch Verkleinerung der Ausgangsöffnung oder durch irgend eine andere Ursache den auf die Flüssigkeit ausgeübten Druck vermehrt. Da sich alsdann die Temperatur des Wassers nicht augenblicklich verändern kann, um sich zu dem correspondirenden Grade des Druckes, den man plötzlich verändert annimmt, zu erheben, so hört die Verdampfung wirklich während einer gewissen Zeit auf, und beginnt erst dann wieder, wenn die Hitze des Ofens und der Röhren das Wasser bis zu dem nöthigen Grade gebracht hat.

Man kann sich übrigens von der Ursache der Erhöhung des Wasserstandes in dem Kessel sehr leicht durch die Verdampfung Rechenschaft geben. Wirklich muß eine Vermengung mit Dampfbläschen das Wasser nothwendig verdrängen und demselben ein weit größeres Volum ertheilen.

Von der Brennmaterialienersparung. — Bei den neuerlich erbauten Maschinen sind die Dimensionen des Heerdes oder Ofens weit bedeutender. Aus der bedeutenden Brennmaterialienmenge, welche diese Oefen aufzunehmen vermögen, und aus der Vergrößerung der Heitzoberfläche folgt eine weit größere Verdampfungskraft, als man vorhersehen konnte.

Wirklich hätte man die Vergrößerung des Heerdes mit der der Cylinder in ein Verhältniß setzen zu müssen geglaubt; allein der von einer, in die Esse geströmten, großen Dampfmenge hervorgebrachte starke Zug hat seine Wirkungen mit denen der in der Verbrennung begriffenen Massen vereinigt, und die Dampf-

erzeugung hat demnach die gewöhnlichen Bedürfnisse der Maschinen weit überstiegen.

Dieser Umstand giebt Veranlassung zu einigen Betrachtungen über die bei dem Locomotivenbetriebe einzuführende Brennmaterialersparung.

Die Locomotiven mit Cylindern von 30 bis 31 Centimeter ($11\frac{1}{2}$ bis 12 Zoll rhein.) und mit Heerden von 65 bis 70 Centimeter (25 bis 27 Zoll) im Quadrat erzeugen nur eine solche Dampfmenge, wie sie bei einer Geschwindigkeit von 9 Lieues ($5\frac{1}{2}$ deutsche Meile) in der Stunde und bei einem mittleren Drucke von 3 Atmosphären erforderlich ist. Dieser Druck ist im Allgemeinen zum Transport gewöhnlicher Züge hinlänglich, indem dieselben oft selbst einen geringeren Druck erfordern und der Maschine daher eine größere Geschwindigkeit geben.

Die neuen Maschinen von großen Dimensionen, deren Heizoberfläche in einem weit stärkeren Verhältnisse, als die Cylinder es sind, vergrößert worden ist, können dieselbe Geschwindigkeit von 9 Lieues und Dampf von einem Drucke von $3\frac{1}{2}$ Atmosphären hervorbringen. Ein solcher Druck ist zum Betriebe der gewöhnlichen Züge auf Rampen von 0,005 Meter ($\frac{1}{200}$) erforderlich; allein wenn diese Maschinen auf der St. Germain-Eisenbahn gehen, so erzeugen sie viel zu große Dampfmengen, weßhalb die Verbrennung nothwendig regulirt werden muß.

Die Mittel, welche die Maschinenführer jetzt zu ihrer Disposition haben, um den Brennmaterialienverbrauch zu vermindern, bestehen darin, weniger Coaks auf den Rost zu werfen und die Ofenthür während des Betriebes zu öffnen. Jedoch haben beide Mittel große Nachtheile. Ist der Rost wenig beladen, so kühlt die geringste Menge von frischem Brennmaterial, die aufgeworfen wird, den Ofen sehr ab; auch ist der Coaksverlust bedeutend, weil er auf dem Roste,

Platze genommen worden ist, so dringt die Luft sehr stark ein, da die Wärme in der Maschine einen starken Zug veranlaßt. Die Wirkung dieses Durchströmens der kalten Luft ist sehr zerstörend. Bringt man aber in der Esse einen Stephenson'schen Scheider an und verschließt denselben unter diesen Umständen, so kann der Luftzug nicht Statt finden, und die Wirkung davon ist sehr gut. Ein anderes Mittel, dessen Anwendung mit dem vorhergehenden von großem Nutzen sein würde, bestände darin, am Anfange des Blaserohrs ein anderes Rohr anzubringen, welches unter dem Rauchkasten, mittelst eines Hahnes mit weiter Oeffnung, ausmündet. Dieser Hahn würde durch den Maschinisten mittelst einer Stange mit Hebel gehandhabt werden. Oeffnete man nun denselben, so würde ein Theil des benutzten Dampfes ausströmen, und da die durch das Blaserohr in die Esse ausströmende Menge dadurch vermindert werden würde, so würde es der Zug auch sein, ja er könnte selbst gänzlich verhindert werden. Dieses Mittel würde einen wesentlichen Vorzug vor dem andern haben; denn indem man durch die Hahnöffnung den Durchschnitt der Ausströmungsöffnungen vergrößerte, würde der Druck des durch die enge Oeffnung des Blaserohres zusammengedrückten Dampfes vermindert und die Kraft der Maschine vermehrt werden. Wir glauben daher die Anwendung dieses Mittels empfehlen zu dürfen. Die Erfahrung hat schon etwas Aehnliches von dem hier angegebenen gefunden. Auf der St. Germain-Bahn hatte nämlich eine der Maschinen von Bury einen großen Ueberschuß der verdampfenden Kraft, weßhalb ihr Führer den Entleerungshahn an dem Blaserohre stets geöffnet ließ. Dadurch wurde der Zug vermindert, der jedoch noch immer hinreichend war, und es wurde folglich eine Brennmaterialersparung herbeigeführt. Jedoch fehlte es an

einer Vorrichtung, um nach Belieben die Oeffnung des Hahnes bewirken und um sie nach Bedürfniß vergrößern zu können, so daß der Zug fast gänzlich aufhörte.

Von den Explosionen. — Ueber die Explosionen der Locomotive ist wenig zu sagen, indem dieselben nur dem Führer und einer mangelhaften Aufsicht desselben zugeschrieben werden müssen. Die erste Pflicht ist die, dahin zu sehen, daß die beiden Sicherheitsventile den Dampf höchstens bei einem Drucke von fünf Atmosphären ausströmen lassen. Eine Maschine ist nicht im ordentlichen Stande, wenn bei diesem Drucke das veränderliche Ventil allein Dampf durchläßt; das feste muß es ebenfalls thun.

Es ist wahrscheinlich, daß die bis jetzt so seltenen Explosionen keine andere Ursache, als den Unverstand der Führer gehabt haben, indem dieselben den Druck zu sehr erhöhen wollten und das Ausströmen des Dampfes aus den Sicherheitsventilen verhinderten. Vielleicht war dieser Unverstand mit einer schlechten Vernietung der Blechtafeln am Kessel und mit einem Bruche der großen von der Vorderwand durch den Kessel gehenden Bolzen verbunden. Wir machen nur die Maschinenbauer auf diesen Umstand aufmerksam, weil wir einige Kessel kennen, an denen die Niete und die übrigen Befestigungen weit weniger gut, als an anderen eingerichtet sind, um dem inneren Drucke Widerstand zu leisten. Die Explosionen sind für die Führer gefährlich, da es stets die Vorderwand ist, die als ebene Fläche, und weil sie sehr groß ist, am ersten dem Drucke des Dampfes nachgiebt. Für die Reisenden haben diese Unfälle keinen Nachtheil, weil sie Zerreißungen des Kessels veranlassen.

Auf der Bahn von Paris nach St. Germain können die Führer die veränderlichen Ventile nicht über fünf Atmosphären belasten, und diese Einrichtung

muß überall sein. Die festen Ventile sind außer dem Bereiche des Führers und werden oft von einem der oberen Betriebsbeamten der Bahn revidirt. Werden diese Vorsichtsmaßregeln gehörig beachtet, so sind die Explosionen fast unmöglich.

Eine letztere Beobachtung wird hinreichen, den Maschinisten zu zeigen, daß es in den meisten Fällen unnütz ist, den Druck durch größere Belastung der Ventile zu vermehren. Die Maschine wird nämlich alsdann nur die Kraft erlangen, schwerere Lasten ziehen zu können; allein auf die Geschwindigkeit hat der höhere Druck im Kessel keinen merklichen Einfluß. Die Maschinisten werden daher durch die Begehung eines sehr streng zu bestrafenden Vergehens nicht einmal die erwarteten Früchte erndten; denn da der Dampf in den Cylindern mit einem geringeren Drucke wirkt, als er im Kessel hat, so ist es ja ganz zwecklos, diesen letzteren zu erhöhen, da eine größere Oeffnung des Regulators hinreicht, um die Spannung in den Cylindern zu vermehren. Wichtig ist es für die Geschwindigkeit, in gleicher Zeit eine weit größere Dampfmenge von beliebiger Spannung zu erzeugen, um einer größeren Menge von Kolbenzügen zu entsprechen; nicht aber diesen Dampf von einer höheren Spannung herzustellen, als man nöthig hat. Der Maschinist befleißige sich daher einzig, Feuer und Speisung nach der erforderlichen Weise zu leiten, und es ist von Wichtigkeit, daß er gänzlich von dieser Idee durchdrungen sei.

Dampfvertheilungsapparate und Regulatoren. — Nachdem wir die Dampferzeugungsapparate betrachtet haben, gelangen wir nunmehr zu denen, welche zur Vertheilung des Dampfes dienen, d. h., die den Zweck haben, ihn von dem Kessel in die Cylinder zu leiten, in denen er auf die Kolben den Druck ausübt, der ihre Bewegung veranlaßt und

die Maschine in Betrieb setzt; sowie auch die, welche dazu dienen, den Dampf aus den Cylindern in die Esse zu führen, wo er durch sein Ausströmen den Zug hervorbringt. Diese Vertheilungsröhren sind von den gleichen Apparaten bei den feststehenden Maschinen wesentlich verschieden.

Die Oeffnung, in welche der Dampf aus dem Kessel in das Vertheilungsrohr eintritt, ist im Innern von jenem befindlich und öffnet sich in dem oberen Theile der hervorstehenden Kuppel. Der Zweck der letzteren ist es, das Einströmen des Dampfes so hoch, als möglich, zu bewerkstelligen, damit er Zeit habe, das in ihm suspendirte Wasser fahren zu lassen. Das Rohr, in welches der Dampf einströmt, geht durch den ganzen Kessel bis an dessen Ende; es geht in den Rauchkasten aus und gabelt sich hier, um jedem Cylinder Dampf zuzuführen. Dieser Apparat dient zu gleicher Zeit als Verschluß, indem er den Durchgang des Dampfes vollständig verhindert. Die Aufnahme des Dampfes von dem Vertheilungsrohre erfolgt entweder am Kopfe des Kessels, über dem Feuerkasten, oder an seinem Ende, in der Nähe der Esse. Im ersteren Falle, wenn das Rohr durch den ganzen Kessel geht, ist es an seinen beiden entgegengesetzten Enden befestigt, und da es dem Spiele der Ausdehnung nicht leicht folgen würde, so ist es mit einer Stopfbüchse versehen.

Die einzelnen Stücke, aus denen die Dampfleitungsröhre in dem Kessel besteht, müssen mit der größten Sorgfalt verbunden sein, damit kein Wasser in die Röhre eindringe. Der Durchschnitt derselben ist gewöhnlich eben so groß, oder größer, als die Oeffnungen, durch welche der Dampf in die Cylinder strömt; dasselbe findet bei den Oeffnungen Statt, welche der Regulator öffnet, oder verschließt.

Die Regulatoren haben verschiedene Formen; allein die am allgemeinsten angenommene besteht aus zwei übereinanderliegenden Scheiben, von denen die eine beweglich ist. Beide sind so zerschnitten, daß die offenen Theile miteinander correspondiren, oder sich kreuzen, um den Dampf durchzulassen, oder aufzuhalten.

Die bewegliche Scheibe wird auf der festen Unterlage durch den Druck des Dampfes, sowie durch eine Schraube und eine Feder festgehalten. Die Feder ist deßhalb erforderlich, weil es wohl der Fall sein könnte, daß der Druck des Dampfes in den Röhren höher würde, als in den Kesseln. Wir erklären dieß, wenn wir von dem Betriebe mit Gegendämpfen reden.

Man hat auch andere Formen des Regulators angenommen. Bei dem einen hat man das Ventilprincip angewendet, bei dem andern das der Hähne und bei noch andern das der Schieber. Die besten sind die, welche die wenigste Oberfläche in gegenseitige Reibung bringen, und die sich so leicht, als möglich, bewegen lassen. Zu dem Ende muß man durch zweckmäßige Einrichtungen die zur Ueberwindung des Dampfdruckes erforderliche Anstrengung vermeiden, indem man sie durch einen fast gleichen Druck aufhebt. Man muß auch ferner die Reibungen vermeiden, welche aus der ungleichen Ausdehnung der miteinander verbundenen und ineinander steckenden Röhren herrührt. Regulatoren, bei denen cylindrische Oberflächen in gegenseitiger Reibung stehen, haben diesen Nachtheil im höchsten Grade, und ebenso sind auch solche zu verwerfen, die Schraubengänge im Innern des Kessels erfordern, auf welche der Druck des Dampfes einwirken würde.

Sehr wesentlich ist, daß der Maschinist die Form des Regulators seiner Maschine kenne, denn der Grad

die Maschine in Betrieb setzt; sowie auch die, welche dazu dienen, den Dampf aus den Cylindern in die Esse zu führen, wo er durch sein Ausströmen den Zug hervorbringt. Diese Vertheilungsröhren sind von den gleichen Apparaten bei den feststehenden Maschinen wesentlich verschieden.

Die Oeffnung, in welche der Dampf aus dem Kessel in das Vertheilungsrohr eintritt, ist im Innern von jenem befindlich und öffnet sich in dem oberen Theile der hervorstehenden Kuppel. Der Zweck der letzteren ist es, das Einströmen des Dampfes so hoch, als möglich, zu bewerkstelligen, damit er Zeit habe, das in ihm suspendirte Wasser fahren zu lassen. Das Rohr, in welches der Dampf einströmt, geht durch den ganzen Kessel bis an dessen Ende; es geht in den Rauchkasten aus und gabelt sich hier, um jedem Cylinder Dampf zuzuführen. Dieser Apparat dient zu gleicher Zeit als Verschluß, indem er den Durchgang des Dampfes vollständig verhindert. Die Aufnahme des Dampfes von dem Vertheilungsrohre erfolgt entweder am Kopfe des Kessels, über dem Feuerkasten, oder an seinem Ende, in der Nähe der Esse. Im ersteren Falle, wenn das Rohr durch den ganzen Kessel geht, ist es an seinen beiden entgegengesetzten Enden befestigt, und da es dem Spiele der Ausdehnung nicht leicht folgen würde, so ist es mit einer Stopfbüchse versehen.

Die einzelnen Stücke, aus denen die Dampfleitungsröhre in dem Kessel besteht, müssen mit der größten Sorgfalt verbunden sein, damit kein Wasser in die Röhre eindringe. Der Durchschnitt derselben ist gewöhnlich eben so groß, oder größer, als die Oeffnungen, durch welche der Dampf in die Cylinder strömt; dasselbe findet bei den Oeffnungen Statt, welche der Regulator öffnet, oder verschließt.

Die Regulatoren haben verschiedene Formen; allein die am allgemeinsten angenommene besteht aus zwei übereinanderliegenden Scheiben, von denen die eine beweglich ist. Beide sind so zerschnitten, daß die offenen Theile miteinander correspondiren, oder sich kreuzen, um den Dampf durchzulassen, oder aufzuhalten.

Die bewegliche Scheibe wird auf der festen Unterlage durch den Druck des Dampfes, sowie durch eine Schraube und eine Feder festgehalten. Die Feder ist deßhalb erforderlich, weil es wohl der Fall sein könnte, daß der Druck des Dampfes in den Röhren höher würde, als in den Kesseln. Wir erklären dieß, wenn wir von dem Betriebe mit Gegendämpfen reden.

Man hat auch andere Formen des Regulators angenommen. Bei dem einen hat man das Ventilprincip angewendet, bei dem andern das der Hähne und bei noch andern das der Schieber. Die besten sind die, welche die wenigste Oberfläche in gegenseitige Reibung bringen, und die sich so leicht, als möglich, bewegen lassen. Zu dem Ende muß man durch zweckmäßige Einrichtungen die zur Ueberwindung des Dampfdruckes erforderliche Anstrengung vermeiden, indem man sie durch einen fast gleichen Druck aufhebt. Man muß auch ferner die Reibungen vermeiden, welche aus der ungleichen Ausdehnung der miteinander verbundenen und ineinander steckenden Röhren herrührt. Regulatoren, bei denen cylindrische Oberflächen in gegenseitiger Reibung stehen, haben diesen Nachtheil im höchsten Grade, und ebenso sind auch solche zu verwerfen, die Schraubengänge im Innern des Kessels erfordern, auf welche der Druck des Dampfes einwirken würde.

Sehr wesentlich ist, daß der Maschinist die Form des Regulators seiner Maschine kenne, denn der Grad

den Cylinder einströmenden Dampfes nicht geringer, als im Kessel, und der Druck des aus dem Cylinder ausströmenden nicht viel stärker, als der Druck der Atmosphäre sein; allein dieß ist schwer zu erlangen. Da die Kolben der Locomotiven sich mit einer sehr großen Geschwindigkeit bewegen müssen, so muß der Dampf in den Eingangsöffnungen eine Geschwindigkeit annehmen, die im umgekehrten Verhältnisse des aufgeschlossenen Theiles der Oeffnung mit der Cylinderoberfläche steht. Auf diese Geschwindigkeit wirkt auch noch die Unregelmäßigkeit ein, die von der Verwandlung der hin- und hergehenden Bewegung des Kolbens in die rotirende der Kurbel herrührt. Eine sich regelmäßig bewegende Kurbel überträgt auf eine gerade horizontale Stange eine Bewegung, deren Geschwindigkeit für das Viertel der Peripherie, welches sich am Meisten der senkrechten nähert, durch 0,293 und für das sich am Meisten der Horizontalen nähernde durch 0,707 ausgedrückt wird. Auf diese Weise besteht die ganze Geschwindigkeit des Kolbens aus einem Minimum und aus einem Maximum. Das erstere findet Statt, wenn die Kurbel von Oberhalb nach Unterhalb der Horizontallinie geht; das letztere, wenn sie das Viertel der Peripherie von der einen Seite der Senkrechten bis zur anderen Seite durchläuft; oder mit anderen Worten, je mehr sich die Richtung der Bewegung einer Kurbel dem Parallelismus der geradlinigten Stange, welche sie leitet, nähert, um so größer ist die dieser Stange mitgetheilte Geschwindigkeit, und je mehr sie sich von diesem Parallelismus entfernt, um sich einer dieser geradlinigten Stange senkrechten Richtung zu nähern, um so langsamer ist die derselben mitgetheilte Bewegung.

Wenn die Maschine mit ihrer größten Geschwindigkeit geht, d. h. 60 Kilometer (8 Meilen) in der Stunde, oder 1 Kilometer (0,13 Meilen) in der Minute,

so beträgt, bei einem Durchmesser der Räder von 1,60 Meter (49 rhein. Zoll) und bei einer Peripherie von 5 Meter (16 Fuß), die Anzahl der Revolutionen eines jeden Kolbens 200 in der Minute und die seiner Züge 400. Da die Länge jedes Zuges 0,46 Meter (17½ Zoll) beträgt, so ist die Kolbengeschwindigkeit in der Minute = 184 Meter, oder in der Secunde = 3,06 Meter (9¾ Fuß), während die bei den feststehenden Maschinen = 1 Meter (3⅛ Fuß) ist. Da die Dimensionen, durch welche der Dampf ein- und ausströmt, gewöhnlich ein Zehntel von der Kolbenoberfläche beträgt, so würde die Geschwindigkeit des Dampfes in den Oeffnungen 30 Meter (95½ Fuß) betragen, wenn dieselben immer vollständig geöffnet wären, wenn der Kolben seinen Lauf vollbringt. Dieß ist aber nicht der Fall, und diese gänzliche Oeffnung findet nur in der Mitte des Laufs und an einem Puncte Statt, wo die Geschwindigkeit des Kolbens die anderthalbfache von der angegebenen mittlern Geschwindigkeit beträgt. Die Geschwindigkeit durch die Oeffnungen würde demnach 50 Meter betragen. Berücksichtigt man auch die Zusammenziehungen, welche die Oeffnung um zwei Drittel vermindern, so erlangt der Dampf in denselben eine mittlere Geschwindigkeit von 75 bis 80 Meter in der Secunde. Diese sehr bedeutende Geschwindigkeit hat jedoch keinen so schädlichen Einfluß, als man auf den ersten Blick fürchten dürfte. Die Ausströmungsgeschwindigkeit des Dampfes in die Luftleere beträgt mehr als 600 Meter in der Secunde; in der Atmosphäre und bei einem absoluten Dampfdrucke von zwei Atmosphären beträgt sie 427 Meter.

Bei einem wirklichen Drucke von einer Viertel-Atmosphäre, oder bei einem absoluten von 1,25 Atmosphären, beträgt die Geschwindigkeit noch 265 Meter. Demnach würde also der wirkende Druck der

Ausströmungsgeschwindigkeit von 80 Metern nur ei
Fünftel-Atmosphäre betragen.

Der von den Einströmungsgeschwindigkeiten ve
anlaßte Widerstand ist daher, selbst bei großen G
schwindigkeiten, ganz unmerklich; allein wäre er au
bedeutend, so würde er doch keine nachtheilige Wi
kung haben. Wirklich kann bei einer Geschwindigk
von 15 Lieues (9 Meilen) in der Stunde der Kes
den Cylindern nur Dampf von vermindertem Druc
liefern; was macht es nun, daß diese Reduction zu
Theil durch die Oeffnungen und nicht gänzlich dur
den Regulator erfolgt?

Wenn wir aber auch keinen Kraftverlust be
den Einströmungsöffnungen haben, so läßt sich di
doch nicht von den Ausströmungsöffnungen sage
Der Druck, den der Dampf zu seinem Ausström
erfordert, wird stets von dem wirkenden Drucke ab
gezogen werden müssen, und es dürfte jener nicht u
bedeutend sein; denn die Geschwindigkeit zur auge
blicklichen Entleerung der Cylinder könnte ungeheu
sein. Die Geschwindigkeit von 80 Metern, die, wen
sie den ganzen Lauf dauerte, hinreichend wäre, mu
daher weit größer werden, um die eine Seite de
Cylinders unmittelbar zu befreien.

Eine weitere Berücksichtigung verdient, daß de
Dampf bei'm Ausströmen aus dem Cylinder sich i
einer oben verengten Röhre, dem Blaserohre, ver
einigt, welche ein zweites Hinderniß darbietet. De
Zweck dieser Röhre ist der, den Zug soviel, als mög
lich, zu befördern; allein der Widerstand, den sie ve
anlaßt, ist natürlich zum Nachtheile der bewegende
Kraft. Man kann sich übrigens davon Rechenschaf
geben, wenn man annimmt, daß bei der Geschwin
digkeit von 16 Lieues der Cylinder mit Dampf von
3,75 Atmosphären angefüllt ist, der sich nach und nach
expandirt und ausströmt. Berechnet man das Volu-

so beträgt, bei einem Durchmesser der Räder von 1,60 Meter (49 rhein. Zoll) und bei einer Peripherie von 5 Meter (16 Fuß), die Anzahl der Revolutionen eines jeden Kolbens 200 in der Minute und die seiner Züge 400. Da die Länge jedes Zuges 0,46 Meter (17½ Zoll) beträgt, so ist die Kolbengeschwindigkeit in der Minute = 184 Meter, oder in der Secunde = 3,06 Meter (9¾ Fuß), während die bei den feststehenden Maschinen = 1 Meter (3½ Fuß) ist. Da die Dimensionen, durch welche der Dampf ein- und ausströmt, gewöhnlich ein Zehntel von der Kolbenoberfläche beträgt, so würde die Geschwindigkeit des Dampfes in den Oeffnungen 30 Meter (95½ Fuß) betragen, wenn dieselben immer vollständig geöffnet wären, wenn der Kolben seinen Lauf vollbringt. Dieß ist aber nicht der Fall, und diese gänzliche Oeffnung findet nur in der Mitte des Laufs und an einem Puncte Statt, wo die Geschwindigkeit des Kolbens die anderthalbfache von der angegebenen mittlern Geschwindigkeit beträgt. Die Geschwindigkeit durch die Oeffnungen würde demnach 50 Meter betragen. Berücksichtigt man auch die Zusammenziehungen, welche die Oeffnung um zwei Drittel vermindern, so erlangt der Dampf in denselben eine mittlere Geschwindigkeit von 75 bis 80 Meter in der Secunde. Diese sehr bedeutende Geschwindigkeit hat jedoch keinen so schädlichen Einfluß, als man auf den ersten Blick fürchten dürfte. Die Ausströmungsgeschwindigkeit des Dampfes in die Luftleere beträgt mehr als 600 Meter in der Secunde; in der Atmosphäre und bei einem absoluten Dampfdrucke von zwei Atmosphären beträgt sie 427 Meter.

Bei einem wirklichen Drucke von einer Viertel-Atmosphäre, oder bei einem absoluten von 1,25 Atmosphären, beträgt die Geschwindigkeit noch 265 Meter. Demnach würde also der wirkende Druck der

Ausströmungsgeschwindigkeit von 80 Metern nur eine Fünftel-Atmosphäre betragen.

Der von den Einströmungsgeschwindigkeiten veranlaßte Widerstand ist daher, selbst bei großen Geschwindigkeiten, ganz unmerklich; allein wäre er auch bedeutend, so würde er doch keine nachtheilige Wirkung haben. Wirklich kann bei einer Geschwindigkeit von 15 Lieues (9 Meilen) in der Stunde der Kessel den Cylindern nur Dampf von vermindertem Drucke liefern; was macht es nun, daß diese Reduction zum Theil durch die Oeffnungen und nicht gänzlich durch den Regulator erfolgt?

Wenn wir aber auch keinen Kraftverlust von den Einströmungsöffnungen haben, so läßt sich dieß doch nicht von den Ausströmungsöffnungen sagen. Der Druck, den der Dampf zu seinem Ausströmen erfordert, wird stets von dem wirkenden Drucke abgezogen werden müssen, und es dürfte jener nicht unbedeutend sein; denn die Geschwindigkeit zur augenblicklichen Entleerung der Cylinder könnte ungeheuer sein. Die Geschwindigkeit von 80 Metern, die, wenn sie den ganzen Lauf dauerte, hinreichend wäre, muß daher weit größer werden, um die eine Seite des Cylinders unmittelbar zu befreien.

Eine weitere Berücksichtigung verdient, daß der Dampf bei'm Ausströmen aus dem Cylinder sich in einer oben verengten Röhre, dem Blaserohre, vereinigt, welche ein zweites Hinderniß darbietet. Der Zweck dieser Röhre ist der, den Zug soviel, als möglich, zu befördern; allein der Widerstand, den sie veranlaßt, ist natürlich zum Nachtheile der bewegenden Kraft. Man kann sich übrigens davon Rechenschaft geben, wenn man annimmt, daß bei der Geschwindigkeit von 16 Lieues der Cylinder mit Dampf von 3,75 Atmosphären angefüllt ist, der sich nach und nach expandirt und ausströmt. Berechnet man das Volu-

men dieses Dampfes mit successiver Expansion, so findet man, daß es fast das Doppelte von dem des Cylinders ist. Nimmt man das ganze Volumen des gelieferten Dampfes mit dem Durchschnitte des Blaserohrs, welches, da es conisch ausläuft, nur eine geringe Contraction hat, so gelangt man zu dem Resultate, daß bei fortwährendem Ausströmen der Dampf eine mittlere Geschwindigkeit von 250 Metern haben würde, die einer Triebkraft von einer Viertel-Atmosphäre entspricht. Dieses weiter unten näher entwikkelte Resultat weis't nach, daß bei großen Geschwindigkeiten das Ausströmen des Dampfes einen bedeutenden Theil von der Kraft der Maschine absorbirt. Setzt man noch hinzu, daß bei denselben Geschwindigkeiten der treibende Dampf nothwendig an Druck verlieren muß, und daß endlich auch der Widerstand der Luft zunimmt und zuletzt bedeutend wird, so begreift man leicht, daß es gewisse Grenzen der Geschwindigkeit giebt, die man mit gegebenen Maschinen, selbst wenn sie leer fahren, nicht überschreiten kann.

Diese Grenzen, die anfänglich 9 bis 12 französische Meilen in der Stunde betrugen, sind bei den neueren Maschinen auf 14 und selbst bis auf 15 Meilen in derselben Zeit erhöht.

Vertheilung des Dampfes durch die Excentrica. — Sowie schon bemerkt worden ist, übt der auf der einen Seite auf die Kolben drückende und auf der andern gleichzeitig ausströmende Dampf auf dieselben einen Druck aus, der die Kraft, die Ursache des Betriebes der Maschine, bildet. Es ist gut, zu wissen, wie dieser Dampf abwechselnd auf solche Weise vertheilt wird, daß er den Kolben die hin- und hergehende Bewegung ertheilt, die sich in eine rotirende verwandelt und die Maschine fortbewegt. Jeder der beiden Kolben ist durch eine feste, geradlinig *geleitete* und durch eine bewegliche Stange,

Er ist daher ganz bereit, um die entgegengesetzte Oeffnung am Anfange des folgenden Laufes frei zu machen.

Es folgt ferner daraus, daß, wenn die Kurbel horizontal steht, das Excentricum aber vertical, die beiden Eingangsöffnungen für den Dampf geschlossen sind.

Die Verbindung der Bewegung zwischen den excentrischen Scheiben und Schiebern erfolgt durch gerade und bewegliche Stücke; allein da die Schieber unter dem Drucke des Dampfes gleiten, so sind sie einer starken Reibung unterworfen und leiden daher viel. Auch durch Abnutzung der excentrischen Scheiben verändern sie sich viel und ebenso durch das Spiel der Gelenke und übrigen Verbindungen der Hebel; sie geben auch durch zu große Elasticität nach. Diese Veränderungen haben einen um so nachtheiligern Einfluß, da ein Zurückbleiben der Schieber von wenigen Millimetern von Wichtigkeit für die Regelmäßigkeit der Vertheilung ist. Und da der Lauf des Excentricums derselbe, wie der des Schiebers ist, so müssen das Zurückbleiben der Bewegung und der Geschwindigkeitsverlust, die bei der Verbindung der Bewegung durch die obigen Ursachen stattfinden, mit der größten Sorgfalt vermieden werden. Der Maschinist muß die größte Aufmerksamkeit darauf verwenden.

Die Dampfvertheilungen können mittelst Ausrückhebeln, welche die mit den excentrischen Scheiben verbundenen Stangen von den Leitungshebeln der Schieber abheben, unterbrochen werden. Durch denselben Ausrückhebel kann auch während des Ganges der Locomotive die Bewegung der Schieber auf solche Weise umgekehrt werden, daß dieser Gang der entgegengesetzte wird.

Diese Umkehrung der Dampfvertheilung wird

Ende seines Laufes befindet, indem es die ist, in der die Kurbel die Horizontale durchläuft. Wenn daher die excentrische Scheibe in rechtwinkeliger Richtung zu der Kurbel angebracht ist, so wird der Augenblick, in welchem sie die Senkrechte durchlaufen und dem Schieber die größte Geschwindigkeit ertheilen wird, mit dem langsamsten Momente des Kolbens und mit der horizontalen Stellung der Kurbel correspondiren. Das Ein- und das Ausströmen des Dampfes, welche von derselben Bewegung des Schiebers abhängen, werden daher plötzlich und gleichzeitig bei jeder horizontalen Stellung der Kurbel, d. h. dann erfolgen, wenn der Kolben einen Lauf vollendet und einen andern begonnen haben wird.

Man bemerkt ferner, daß, wenn eine Kurbel in rechtwinkeliger Richtung mit einer zweiten auf einer Achse angebracht ist, die eine bei einer halben Umdrehung von der einen zur andern Horizontalen, während die andere von einer zur andern Senkrechten übergeht. Da nun beide Kurbeln jede einer Stange eine geradlinige Bewegung mittheilen, so wird die von der ersten Kurbel geleitete Stange eine einzige Bewegung in einer und derselben Richtung erleiden, während die von der andern Kurbel geleitete die gleich große Bewegung, allein in zwei entgegengesetzte Richtungen getheilt, erleiden wird. Es folgt aus dieser geometrischen Eigenschaft, daß bei einer Locomotive in dem Augenblick, in welchem die Kurbel horizontal steht und der Kolben im Anfange seines Laufs ist, während der erstern Hälfte dieses Laufs der von dem senkrechten Excentricum geführte Schieber eine Bewegung erleidet, welche die Oeffnung ganz frei macht, wenn das Excentricum in die horizontale Lage gelangt; während dagegen in der zweiten Hälfte des Kurbellaufs der Schieber in sich selbst zurückkommt und die Oeffnung bedeckt, die er frei gemacht hatte.

Er ist daher ganz bereit, um die entgegengesetzte Oeffnung am Anfange des folgenden Laufes frei zu machen.

Es folgt ferner daraus, daß, wenn die Kurbel horizontal steht, das Excentricum aber vertical, die beiden Eingangsöffnungen für den Dampf geschlossen sind.

Die Verbindung der Bewegung zwischen den excentrischen Scheiben und Schiebern erfolgt durch leichte und bewegliche Stücke; allein da die Schieber unter dem Drucke des Dampfes gleiten, so sind sie einer starken Reibung unterworfen und leiden daher viel. Auch durch Abnutzung der excentrischen Scheiben verändern sie sich viel und ebenso durch das Spiel der Gelenke und übrigen Verbindungen der Hebel; sie geben auch durch zu große Elasticität nach. Diese Veränderungen haben einen um so nachtheiligeren Einfluß, da ein Zurückbleiben der Schieber von wenigen Millimetern von Wichtigkeit für die Regelmäßigkeit der Vertheilung ist. Und da der Lauf des Excentricums derselbe, wie der des Schiebers ist, so müssen das Zurückbleiben der Bewegung und der Geschwindigkeitsverlust, die bei der Verbindung der Bewegung durch die obigen Ursachen stattfinden, mit der größten Sorgfalt vermieden werden. Der Maschinist muß die größte Aufmerksamkeit darauf verwenden.

Die Dampfvertheilungen können mittelst Ausrückhebeln, welche die mit den excentrischen Scheiben verbundenen Stangen von den Leitungshebeln der Schieber abheben, unterbrochen werden. Durch denselben Ausrückhebel kann auch während des Ganges der Locomotive die Bewegung der Schieber auf solche Weise umgekehrt werden, daß dieser Gang der entgegengesetzte wird.

Diese Umkehrung der Dampfvertheilung wird

jedoch nur dann angewendet, wenn die andern Mittel des Aufhaltens unzureichend sind. In diesem Falle werden die Einströmungsöffnungen des Dampfes in dem Augenblick und auf der Seite frei, auf welcher der Kolben auf sich selbst zurückkommt; der Dampf erfüllt alsdann den ganzen Cylinder und widersetzt sich auf diese Weise dem Kolbenlaufe, der, wenn er nicht aufgehalten wird, den Dampf in den Kessel zurückdrückt. In demselben Augenblicke wird die Ausströmungsöffnung unter dem Schieber bedeckt, und wird folglich mit der Luft in Verbindung gesetzt, die durch den Kolbenlauf angezogen wird, durch das Blaserohr eindringt und den Cylinder anfüllt. Auf diese Weise drängt der Gang der Maschine mit Gegendampf Luft in den Kessel; auch öffnen sich alsbald die Sicherheitsventile, und es strömt aus denselben mit Luft vermengter Dampf aus.

Von dem Voraneilen des Schiebers. — Wir haben bemerkt, daß am todten Puncte der Kurbel, d. h., wenn ihr Halbmesser mit der Achse des Cylinders zusammenfällt, die Schieber in der Mitte ihres Laufes befindlich sein, und daß folglich das Excentricum rechtwinkelig auf die Achsenlinie der Excentricumstange gekeilt werden müsse. Bei den Locomotiven hat man aber die Nothwendigkeit erkannt, von dieser Regel abzuweichen; indem man den Excentricumhalbmesser etwas nach Vorn zu neigt, so daß am todten Puncte der Schieber die Mitte des Laufes schon überstiegen hat. Die Größe, um die er den Mittelpunct übersteigt, nennt man das Voraneilen des Schiebers.

Der Zweck dieser Abänderung ist der, die Kraft der Maschinen zu erhöhen, indem sie dadurch befähigt werden, dieselben Wagenzüge mit größerer Geschwindigkeit zu führen.

Betrachtet man einen Zug im Augenblicke des

Abgangs, oder auf einem Puncte der Eisenbahn, wo der ganze Druck des Dampfes angewendet werden muß, und wo er folglich sehr langsam geht, so bestehen die Wirkungen des Voraneilens von dem Schieber darin, die Kraft der Maschine zu vermindern. Allein dieser Fall ist ganz und gar eine Ausnahme, es ist gewissermaßen nur eine Gleichgewichtsstellung. Man muß die Maschinen im Betriebe und in ihrer Normalgeschwindigkeit, man muß sie mit einer verminderten Pressung auf die Cylinder betrachten, und wenn es alsdann bewiesen ist, daß mit demselben Convoi dieselbe Maschine eine weit größere Geschwindigkeit erlangt, wenn der Schieber voraneilt, so ist es klar, daß ihre Kraft vermehrt ist, und daß sie mit derselben Geschwindigkeit, als vorher, eine bei Weitem beträchtlichere Last zu ziehen vermag.

Das Voraneilen des Schiebers wird fast ausschließlich bei den Maschinen zum Ziehen der Personenzüge angewendet, die eine Geschwindigkeit von 8 Lieues und selbst von 10, 12 und 15 Lieues in der Stunde erlangen müssen.

Die zur Untersuchung der Wirkungen des Voraneilens von dem Schieber nothwendigen Berechnungen müssen daher für große Geschwindigkeiten gemacht werden.

Wenn die Schieber keine eigenthümliche Einrichtung, d. h., wenn sie fast gar keine Bedeckung haben, so sind die Wirkungen des Voraneilens die, die Ausströmungs- und die Einströmungsöffnung vorzeitig zu öffnen.

Demnach beginnt der Dampf zu entweichen, ehe noch der Kolben seinen Lauf vollendet hat, und ebenso drückt der aus dem Kessel herbeiströmende Dampf bei der umgekehrten Richtung der Bewegung auf den Kolben. So giebt es denn im ersten Augenblicke einen Gang mit Gegendampf, welcher die Gewalt der

Maschine, sowie die Last, die sie fortbewegen kann, vermindern muß. Es findet dieß wirklich statt, und die von dem Grafen **Pambour** auf den geneigten Ebenen der Liverpool-Manchester Eisenbahn angestellten Versuche mit einem Voraneilen von $\frac{1}{8}$ und $\frac{5}{8}$ englischen Zoll, haben diese Thatsache gänzlich bestätigt. Wagenzüge, die mit einem Voraneilen von $\frac{5}{8}$ Zoll stillstanden, wurden mit einem solchen von $\frac{1}{8}$ Zoll wieder in Bewegung gesetzt. In der Ruhe hat daher das Voraneilen die Wirkung, die Kraft der Maschine zu vermindern; wenn aber die Geschwindigkeit bedeutend wird, so verändert die Zeit die Wirkungen gänzlich.

Um die Vortheile des Voraneilens von dem Schieber wahrzunehmen, muß man die Nachtheile der gewöhnlichen Dampfvertheilung, wenn kein Voraneilen Statt findet, kennen lernen. Vergleicht man die Durchschnittsflächen der Oeffnungen mit den nach und nach von dem Kolben durchlaufenen Räumen, so findet man, daß das Geschwindigkeitsverhältniß im Allgemeinen wie 1 zu 10 ist. Berücksichtigt man die Zusammenziehung und die unregelmäßige Geschwindigkeit des Kolbens, so findet man, daß die Ausströmungsgeschwindigkeit des Dampfes höchstens 70 bis 80 Meter in der Secunde, bei einem Betriebe der Maschine von 16 Lieues in der Stunde, betrage. Jede Geschwindigkeit hat einen beginnenden Druck; suchen wir nun nach dem, der zur Hervorbringung dieses letztern erforderlich ist, so finden wir, daß $\frac{1}{50}$ Atmosphäre hinreichen würde. Die Differenz der Spannung zwischen dem Cylinder und der Haupt-Dampfleitung ist daher unbedeutend, und wäre sie auch bedeutender, so würde sie nicht schaden, weil bei einer großen Geschwindigkeit die Dampferzeugung im Kessel nicht hinreicht, um eine verminderte Spannung im Cylinder zu erlangen, und weil stets ein Auszie-

hen durch den Regulator Statt findet. Der zweite Auszug, der durch die Vertheilung erfolgen würde, würde keine Wirkung haben, weil man ihn verbessern könnte, indem man den Regulator etwas mehr öffnete.

Untersucht man darauf das Ausströmen des Dampfes am Ausgange, so stellt sich die Frage auf eine gänzlich andere Weise. Ehe man zu dem constanten Ausströmen von höchstens 80 Met. Geschwindigkeit gelangt, welche nur einen sehr geringen Widerstand darbietet, ist es nothwendig, allen Dampf herausgeben zu lassen, der einen erhöhten Druck erhält. Es muß alsdann in den ersten Momenten des Laufs diese bedeutende Dampfmenge fast plötzlich ausströmen, weil sie, ist dieß nicht der Fall, vor dem Kolben einen anfänglich sehr beträchtlichen Widerstand veranlaßt, der nach der Zeit, die man ihm zum Entweichen gegeben, mehr oder minder schnell abnimmt. Man begreift, daß, wenn die Kolbenzüge außerordentlich beschleunigt sind, der Dampf zuweilen ein Drittel von der ganzen Zeit des Zuges zum Ausströmen gebraucht. Es erfolgt dieß bei einer Geschwindigkeit von 16 Lieues (10 preuß. Meilen) in der Stunde, indem man annimmt, daß der Dampf in dem angefüllten Cylinder 2,75 Atmosphären wirkliche Pressung habe. Das Maß der Wirkung dieses Widerstandes ist der Druck in jedem Augenblick, multiplicirt mit dem von dem Kolben durchlaufenen Wege, und in dem schon angeführten Falle hat der Kolben $\frac{3}{10}$ des Laufs zurückgelegt, ehe er von diesem übermäßigen Drucke befreit ist; und indem man den hervorgebrachten mittlern Widerstand berechnet, findet man, daß er mehr, als $\frac{1}{4}$ Atmosphäre entspricht.

Bei großen Geschwindigkeiten ist daher der durch die Ausströmungsöffnungen hervorgebrachte Widerstand sehr bedeutend.

Um nun diesen Widerstand zu vermindern, giebt man dem Schieber das Voraneilen. Das Ausströmen dauert dieselbe Zeit; allein der Druck, den er erhält, wird im Anfang angewendet, um in einer passenden Richtung auf den Kolben zu wirken; und wenn dieser zurückkommt, so ist die Ausströmungsöffnung schon groß, der Dampf hat zum Theil seine Spannung verloren, und er erhält sich nur während eines weit weniger großen Bruchtheils von dem Kolbenlaufe.

Man vermindert daher in einem bedeutenden Verhältnisse den bei'm Entweichen des Dampfes veranlaßten Widerstand bei seinem Ausströmen aus der Oeffnung. Das hauptsächlich Nachtheilige des Betriebes ohne Voraneilen, ist auf diese Weise dargethan. Es bleibt uns nur noch übrig, zu wissen, ob diese Verminderung des Widerstandes nicht durch andere Nachtheile im Gleichgewicht erhalten wird, wenn man dem Schieber die gewöhnliche Form läßt, d. h., ohne seinen Ueberschlag auf solche Weise zu vergrößern, daß, wenn das Ausströmen geöffnet ist, das Einströmen des Dampfes auf der entgegengesetzten Seite es ebenfalls ist. Der Dampf gelangt daher vor dem Ende des Kolbenlaufs in die entgegengesetzte Richtung; er wirkt alsdann wie eine Bremse gegen den Kolben, und es findet in diesem Falle eine verlorne Arbeit Statt, die gleich dem Druck in der Dampfleitung, multiplicirt mit dem von dem Kolben durchlaufenen Raum, ist. Da nun dieser letztere sehr gering ist, so ist die verlorne Arbeit weit schwächer, als die Ersparung, die man an dem von dem Ausströmen herrührenden Widerstande macht.

Das frühere Aufschließen der Oeffnung hat den Vortheil, im Anfange des Kolbenlaufs den vollständigen Druck auf denselben wirken zu lassen; allein dieser Vortheil ist ganz unbedeutend, da wir so eben

Er ist daher ganz bereit, um die entgegengesetzte Oeffnung am Anfange des folgenden Laufes frei zu machen.

Es folgt ferner daraus, daß, wenn die Kurbel horizontal steht, das Excentricum aber vertical, die beiden Eingangsöffnungen für den Dampf geschlossen sind.

Die Verbindung der Bewegung zwischen den excentrischen Scheiben und Schiebern erfolgt durch leichte und bewegliche Stücke; allein da die Schieber unter dem Drucke des Dampfes gleiten, so sind sie einer starken Reibung unterworfen und leiden daher viel. Auch durch Abnutzung der excentrischen Scheiben verändern sie sich viel und ebenso durch das Spiel der Gelenke und übrigen Verbindungen der Hebel; sie geben auch durch zu große Elasticität nach. Diese Veränderungen haben einen um so nachtheiligeren Einfluß, da ein Zurückbleiben der Schieber von wenigen Millimetern von Wichtigkeit für die Regelmäßigkeit der Vertheilung ist. Und da der Lauf des Excentricums derselbe, wie der des Schiebers ist, so müssen das Zurückbleiben der Bewegung und der Geschwindigkeitsverlust, die bei der Verbindung der Bewegung durch die obigen Ursachen stattfinden, mit der größten Sorgfalt vermieden werden. Der Maschinist muß die größte Aufmerksamkeit darauf verwenden.

Die Dampfvertheilungen können mittelst Ausrückhebeln, welche die mit den excentrischen Scheiben verbundenen Stangen von den Leitungshebeln der Schieber abheben, unterbrochen werden. Durch denselben Ausrückhebel kann auch während des Ganges der Locomotive die Bewegung der Schieber auf solche Weise umgekehrt werden, daß dieser Gang der entgegengesetzte wird.

Diese Umkehrung der Dampfvertheilung wird

jedoch nur dann angewendet, wenn die andern Mittel des Aufhaltens unzureichend sind. In diesem Falle werden die Einströmungsöffnungen des Dampfes in dem Augenblick und auf der Seite frei, auf welcher der Kolben auf sich selbst zurückkommt; der Dampf erfüllt alsdann den ganzen Cylinder und widersetzt sich auf diese Weise dem Kolbenlaufe, der, wenn er nicht aufgehalten wird, den Dampf in den Kessel zurückdrückt. In demselben Augenblicke wird die Ausströmungsöffnung unter dem Schieber bedeckt, und wird folglich mit der Luft in Verbindung gesetzt, die durch den Kolbenlauf angezogen wird, durch das Blaserohr eindringt und den Cylinder anfüllt. Auf diese Weise drängt der Gang der Maschine mit Gegendampf Luft in den Kessel; auch öffnen sich alsbald die Sicherheitsventile, und es strömt aus denselben mit Luft vermengter Dampf aus.

Von dem Voraneilen des Schiebers. — Wir haben bemerkt, daß am todten Puncte der Kurbel, d. h., wenn ihr Halbmesser mit der Achse des Cylinders zusammenfällt, die Schieber in der Mitte ihres Laufes befindlich sein, und daß folglich das Excentricum rechtwinkelig auf die Achsenlinie der Excentricumstange gekeilt werden müsse. Bei den Locomotiven hat man aber die Nothwendigkeit erkannt, von dieser Regel abzuweichen; indem man den Excentricumhalbmesser etwas nach Vorn zu neigt, so daß am todten Puncte der Schieber die Mitte des Laufes schon überstiegen hat. Die Größe, um die er den Mittelpunct übersteigt, nennt man das Voraneilen des Schiebers.

Der Zweck dieser Abänderung ist der, die Kraft der Maschinen zu erhöhen, indem sie dadurch befähigt werden, dieselben Wagenzüge mit größerer Geschwindigkeit zu führen.

Betrachtet man einen Zug im Augenblicke des

Abgangs, oder auf einem Puncte der Eisenbahn, wo der ganze Druck des Dampfes angewendet werden muß, und wo er folglich sehr langsam geht, so bestehen die Wirkungen des Voraneilens von dem Schieber darin, die Kraft der Maschine zu vermindern. Allein dieser Fall ist ganz und gar eine Ausnahme, es ist gewissermaßen nur eine Gleichgewichtsstellung. Man muß die Maschinen im Betriebe und in ihrer Normalgeschwindigkeit, man muß sie mit einer verminderten Pressung auf die Cylinder betrachten, und wenn es alsdann bewiesen ist, daß mit demselben Convoi dieselbe Maschine eine weit größere Geschwindigkeit erlangt, wenn der Schieber voraneilt, so ist es klar, daß ihre Kraft vermehrt ist, und daß sie mit derselben Geschwindigkeit, als vorher, eine bei Weitem beträchtlichere Last zu ziehen vermag.

Das Voraneilen des Schiebers wird fast ausschließlich bei den Maschinen zum Ziehen der Personenzüge angewendet, die eine Geschwindigkeit von 8 Lieues und selbst von 10, 12 und 15 Lieues in der Stunde erlangen müssen.

Die zur Untersuchung der Wirkungen des Voraneilens von dem Schieber nothwendigen Berechnungen müssen daher für große Geschwindigkeiten gemacht werden.

Wenn die Schieber keine eigenthümliche Einrichtung, d. h., wenn sie fast gar keine Bedeckung haben, so sind die Wirkungen des Voraneilens die, die Ausströmungs- und die Einströmungsöffnung vorzeitig zu öffnen.

Demnach beginnt der Dampf zu entweichen, ehe noch der Kolben seinen Lauf vollendet hat, und ebenso drückt der aus dem Kessel herbeiströmende Dampf bei der umgekehrten Richtung der Bewegung auf den Kolben. So giebt es denn im ersten Augenblicke einen Gang mit Gegendampf, welcher die Gewalt der

Maschine, sowie die Last, die sie fortbewegen kann, vermindern muß. Es findet dieß wirklich statt, und die von dem Grafen Pambour auf den geneigten Ebenen der Liverpool-Manchester Eisenbahn angestellten Versuche mit einem Voraneilen von $\frac{1}{8}$ und $\frac{5}{8}$ englischen Zoll, haben diese Thatsache gänzlich bestätigt. Wagenzüge, die mit einem Voraneilen von $\frac{5}{8}$ Zoll stillstanden, wurden mit einem solchen von $\frac{1}{8}$ Zoll wieder in Bewegung gesetzt. In der Ruhe hat daher das Voraneilen die Wirkung, die Kraft der Maschine zu vermindern; wenn aber die Geschwindigkeit bedeutend wird, so verändert die Zeit die Wirkungen gänzlich.

Um die Vortheile des Voraneilens von dem Schieber wahrzunehmen, muß man die Nachtheile der gewöhnlichen Dampfvertheilung, wenn kein Voraneilen Statt findet, kennen lernen. Vergleicht man die Durchschnittsflächen der Oeffnungen mit den nach und nach von dem Kolben durchlaufenen Räumen, so findet man, daß das Geschwindigkeitsverhältniß im Allgemeinen wie 1 zu 10 ist. Berücksichtigt man die Zusammenziehung und die unregelmäßige Geschwindigkeit des Kolbens, so findet man, daß die Ausströmungsgeschwindigkeit des Dampfes höchstens 70 bis 80 Meter in der Secunde, bei einem Betriebe der Maschine von 16 Lieues in der Stunde, betrage. Jede Geschwindigkeit hat einen beginnenden Druck; suchen wir nun nach dem, der zur Hervorbringung dieses letztern erforderlich ist, so finden wir, daß $\frac{1}{80}$ Atmosphäre hinreichen würde. Die Differenz der Spannung zwischen dem Cylinder und der Haupt-Dampfleitung ist daher unbedeutend, und wäre sie auch bedeutender, so würde sie nicht schaden, weil bei einer großen Geschwindigkeit die Dampferzeugung im Kessel nicht hinreicht, um eine verminderte Spannung im Cylinder zu erlangen, und weil stets ein Auszie-

hen durch den Regulator Statt findet. Der zweite Auszug, der durch die Vertheilung erfolgen würde, würde keine Wirkung haben, weil man ihn verbessern könnte, indem man den Regulator etwas mehr öffnete.

Untersucht man darauf das Ausströmen des Dampfes am Ausgange, so stellt sich die Frage auf eine gänzlich andere Weise. Ehe man zu dem constanten Ausströmen von höchstens 80 Met. Geschwindigkeit gelangt, welche nur einen sehr geringen Widerstand darbietet, ist es nothwendig, allen Dampf herausgehen zu lassen, der einen erhöhten Druck erhält. Es muß alsdann in den ersten Momenten des Laufs diese bedeutende Dampfmenge fast plötzlich ausströmen, weil sie, ist dieß nicht der Fall, vor dem Kolben einen anfänglich sehr beträchtlichen Widerstand veranlaßt, der nach der Zeit, die man ihm zum Entweichen gegeben, mehr oder minder schnell abnimmt. Man begreift, daß, wenn die Kolbenzüge außerordentlich beschleunigt sind, der Dampf zuweilen ein Drittel von der ganzen Zeit des Zuges zum Ausströmen gebraucht. Es erfolgt dieß bei einer Geschwindigkeit von 16 Lieues (10 preuß. Meilen) in der Stunde, indem man annimmt, daß der Dampf in dem angefüllten Cylinder 2,75 Atmosphären wirkliche Pressung habe. Das Maß der Wirkung dieses Widerstandes ist der Druck in jedem Augenblick, multiplicirt mit dem von dem Kolben durchlaufenen Wege, und in dem schon angeführten Falle hat der Kolben $\frac{3}{10}$ des Laufs zurückgelegt, ehe er von diesem übermäßigen Drucke befreit ist; und indem man den hervorgebrachten mittlern Widerstand berechnet, findet man, daß er mehr, als $\frac{1}{4}$ Atmosphäre entspricht.

Bei großen Geschwindigkeiten ist daher der durch die Ausströmungsöffnungen hervorgebrachte Widerstand sehr bedeutend.

Um nun diesen Widerstand zu vermindern, giebt man dem Schieber das Voraneilen. Das Ausströmen dauert dieselbe Zeit; allein der Druck, den er erhält, wird im Anfang angewendet, um in einer passenden Richtung auf den Kolben zu wirken; und wenn dieser zurückkommt, so ist die Ausströmungsöffnung schon groß, der Dampf hat zum Theil seine Spannung verloren, und er erhält sich nur während eines weit weniger großen Bruchtheils von dem Kolbenlaufe.

Man vermindert daher in einem bedeutenden Verhältnisse den bei'm Entweichen des Dampfes veranlaßten Widerstand bei seinem Ausströmen aus der Oeffnung. Das hauptsächlich Nachtheilige des Betriebes ohne Voraneilen, ist auf diese Weise dargethan. Es bleibt uns nur noch übrig, zu wissen, ob diese Verminderung des Widerstandes nicht durch andere Nachtheile im Gleichgewicht erhalten wird, wenn man dem Schieber die gewöhnliche Form läßt, d. h., ohne seinen Ueberschlag auf solche Weise zu vergrößern, daß, wenn das Ausströmen geöffnet ist, das Einströmen des Dampfes auf der entgegengesetzten Seite es ebenfalls ist. Der Dampf gelangt daher vor dem Ende des Kolbenlaufs in die entgegengesetzte Richtung; er wirkt alsdann wie eine Bremse gegen den Kolben, und es findet in diesem Falle eine verlorne Arbeit Statt, die gleich dem Druck in der Dampfleitung, multiplicirt mit dem von dem Kolben durchlaufenen Raum, ist. Da nun dieser letztere sehr gering ist, so ist die verlorne Arbeit weit schwächer, als die Ersparung, die man an dem von dem Ausströmen herrührenden Widerstande macht.

Das frühere Aufschließen der Oeffnung hat den Vortheil, im Anfange des Kolbenlaufs den vollständigen Druck auf denselben wirken zu lassen; allein dieser Vortheil ist ganz unbedeutend, da wir so eben

gezeigt haben, daß bei dem Betrieb, ohne Voraneilen, kein Kraftverlust durch Verkleinerung der Einströmungsöffnung Statt finde.

Endlich, wenn sich die Oeffnung früher öffnet, so schließt sie sich auch früher. Dieß frühere Verschließen ist sehr vortheilhaft, weil es den Dampfverbrauch so sehr vermindert, dagegen aber durchaus nicht die Leistung. Wirklich wird der Dampf bei dem stärksten Voraneilen (von $\frac{5}{8}$ Zoll) und bei Schieberventilen ohne Ueberschlag nur erst bei 0,98 seines Laufs, unterbrochen. Nimmt man nun an, daß die Expansion bis zu dem Ende Statt findet, so wird der Nutzeffect nur um 0,003 vermindert werden. Man erspart demnach 0,07 Dampf, indem man nur 0,003 am Nutzeffect verliert. Nun erfolgt freilich die Expansion nicht vollständig, weil eine Ausströmungsöffnung vorhanden ist; allein bei großer Geschwindigkeit erhält sich der Dampfdruck noch so, daß die ganze Leistung des Kolbens nur um eine geringe Größe abnimmt.

Kurz, das Voraneilen des Schiebers veranlaßt eine Ersparung bei'm Dampfverbrauch, indem die Einströmung früher abgeschlossen wird, und eine Vermehrung des Nutzeffects, indem der zum Ausströmen nothwendige Druck selbst vermindert und benutzt wird.

Das zu frühzeitige Einströmen des Dampfes hat nur Nachtheile, die freilich die obigen Vortheile nicht aufwiegen können, wenn die Betriebsgeschwindigkeit sehr bedeutend ist, welche aber vermieden werden müssen.

Damit der Dampf nur bei'm todten Puncte auf den Kolben ströme, muß der Ueberschlag oder Uebergriff am Schieber gleich dessen Voraneilen sein. Die Einrichtung hat einen andern, nicht unberücksichtigt zu lassenden Vortheil, der darin besteht, daß man den Durchgang des Dampfes früher verschließt,



und daß man daher einen Theil spart, ohne der geleisteten Arbeit zu schaden, indem der Druck des sich expandirenden Dampfes im ersten Augenblick ebenso hoch ist, als der anfängliche Druck.

Wir haben den Zweck und die Vortheile des Voraneilens von dem Schieber dargethan; allein es würde nothwendig sein, zu untersuchen, welches Voraneilen das zweckmäßigste sein würde, um die besten Resultate zu erlangen. Es hängt dieß offenbar von der Geschwindigkeit des Ganges und von der Form des Schiebers selbst ab. Die Maschinenbauer haben keine allgemeinen Regeln für die Größe des Voraneilens, es wechselt von $\frac{1}{8}$ bis $\frac{5}{8}$ engl. Zoll und beträgt gewöhnlich $\frac{1}{4}$ Zoll.

Die Gründe für diese Verschiedenheiten sind aus den obigen Betrachtungen geschöpft, ebenso aus der Absicht, durch das Voraneilen des Schiebers die Verspätungen auszugleichen, die von der Elasticität der Theile, welche die Bewegung der Excentrica den Schiebern mittheilen, sowie aus dem Spielraume, der durch die Abnutzung dieser Stücke entsteht, herrührt.

Speisung des Kessels. — Nach den Vorrichtungen zur Erzeugung des Dampfes und zu seiner Vertheilung in die Cylinder kommen die Mittel zur Zuführung des Wassers in den Kessel in dem Maße, als es durch den Betrieb der Maschine absorbirt wird. Es dienen dazu zwei Pumpen, die zu gleicher Zeit saugen und drücken; ihr Kolben ist massiv, wie bei den neuern feststehenden Maschinen. Sie erhalten das Wasser aus dem Tender und führen es dem Kessel zu. Das von einer dieser Pumpen gelieferte Wasservolum ist hinreichend, um in etwa 20 Minuten den Verbrauch der Maschine während eines einstündigen Betriebes zu ersetzen. Man kann die Wassermenge, welche die Pumpen geben, reguliren und

ihre Wirkungsweise selbst ununterbrochen machen; allein dieß ist nur bei neuen Maschinen möglich, die einen sehr kräftigen Heerd haben; die übrigen Maschinen sind dagegen viel zu empfindlich, als daß nicht die beiden Ursachen der augenblicklichen Abkühlung des Kessels, die Speisung mit kälterem Wasser und die Feuerung des Heerdes, sofortige Einwirkung darauf haben sollten.

Von dem Mechanismus und seiner Einrichtung. — Wir müssen nun noch, um die allgemeinen Bemerkungen über die Locomotiven zu vollenden, von der Einrichtung ihres Mechanismus reden.

Der Betrieb der Maschine nimmt in den Cylindern seine Entstehung; die von ihnen hervorgebrachten Kräfte gehen von dem Rauchkasten, in welchem die Cylinder eingeschlossen sind, aus. Die Wirkungen der Kraft finden nach zwei Richtungen Statt, je nachdem der Dampf auf die eine oder auf die andere Seite des Kolbens drückt, so daß die Stangen eine ziehende und eine schiebende Bewegung erlangen.

Diese Wirkungen werden in ihrer ganzen Kraft der gekröpften oder Kurbelachse mitgetheilt, weßhalb es erforderlich ist, daß dieselbe mit der Cylinderkammer sehr fest verbunden sei. Zu dem Ende ruht der Kessel auf einem Gestelle, mit welchem er durch angeschraubte Träger verankert ist, obwohl nicht unbemerkt bleiben kann, daß bei den meisten Maschinen diese Verbindung mangelhaft ist; man scheint nämlich nur zum Zweck gehabt zu haben, durch das Gestell das Gewicht des Kessels tragen zu lassen, nicht aber zu gleicher Zeit eine Sicherung gegen die horizontalen Wirkungen der in den Cylindern entwickelten Kräfte zu veranlassen. Es folgt daraus, daß sich bei vielen Maschinen nach einem mehrmonatlichen

Betriebe ein dem geübten Auge bemerkbares Spiel zwischen der Cylinderkammer und den Trägern oder Ankern, welche den Kessel mit dem Gestelle verbinden, zeigt. Unter dem letztern sind die Büchsen angebracht, in denen sich die Enden der Achsen, welche das ganze Gewicht der Maschine tragen, drehen.

Wenn diese Büchsen der einzige Widerstandspunct gegen die Cylinder wären, so würden wahrscheinlich nicht allein die Träger des Kessels nicht widerstehen, sondern es würde auch die in beiden horizontalen Richtungen durch die Kurbeln in so raschen Betrieb gesetzte und bloß an den Enden gehaltene Achse Schwingungen erhalten, die sehr schnell den Bruch herbeiführen müßten. Um dieß zu vermeiden, ist die Cylinderkammer mit der Kurbelachse durch vier oder wenigstens mit drei eisernen Balken verbunden. Dieselben sind durch starke Bolzen mit der Cylinderkammer vereinigt und tragen jeder einen kupfernen Ring, von welchem die Kurbelachse umschlossen ist. Dieser Ring kann sich senkrecht verändern, und es muß dieß auch wegen des Spieles der Federn, welche oft die Achse von dem Kessel trennen, der Fall sein. In horizontaler Richtung aber, welche diejenige ist, in der die Kurbelachse den meisten Widerstand leisten muß, wird der Hals mittelst hängender Keile, die als Schlüssel wirken, um die Büchsen gegen die Achse zu drücken, ganz festgehalten. In Folge dieser Einrichtung wird die Kurbelachse an sechs oder doch wenigstens an fünf verschiedenen Puncten gehalten, welche mit der Cylinderkammer in Verbindung stehen und in denen sie ihre rotirende Bewegung ausübt. Die Aufmerksamkeit des Führers muß darauf gerichtet sein, daß diese Verbindungsmittel fortwährend ihren Zweck erfüllen, und wenn sich daher die Büchsen abgenutzt haben, so nähert er sie einander, indem er die Keile in die Höhe treibt.

Die drei großen Balken, von denen soeben die Rede war, sind an ihrem einen Ende, auf der Seite der Achse, mit Lappen verbunden, welche an den Feuerkasten geschraubt sind. Es ist aber von Wichtigkeit, daß diese Verbindung nicht ganz steif sei und ein Wenig Spielraum zur Verlängerung habe, indem diese Balken nicht ganz derselben Ausdehnung unterworfen sind, als die Masse des Kessels. Denn, wenn diese Verlängerung Statt findet, so werden durch das Ziehen des Kessels an den langen Balken, die Verbindungen mit dem Feuerkasten lose und lassen das in den doppelten Wänden desselben enthaltene Wasser durch.

Bei einer neuen Maschine hat man die mittleren Balken weggelassen und hat die Hälse oder Ringe, welche die Kurbelachse halten, unmittelbar an den Feuerkasten befestigt. Die Erfahrung wird sich über den guten oder schlechten Erfolg dieser neuen Einrichtung aussprechen, die uns übrigens wenig gerechtfertigt erscheint.

Es bleibt zu bemerken, daß die Nothwendigkeit, das Gewicht der Locomotiven zu vermindern, zu der fast ausschließlichen Anwendung des Schmiedeeisens bei ihrer Construction geführt hat. Alle Theile, die durch eine rotirende oder hin- und hergehende Bewegung, oder durch ein Gleiten ihrer Oberflächen aufeinander eine gegenseitige Reibung haben, sind daher verhältnißmäßig weit schwächer, als bei den gewöhnlichen feststehenden Maschinen, bei denen das Gußeisen in starken Dimensionen zu Wellen, Balanciers, Kurbelstangen, Leitungen, excentrischen Scheiben rc. angewendet worden ist. Nun ist es aber von Wichtigkeit, zu bemerken, daß bei den Maschinen die Reibung nicht allein von dem Drucke, sondern auch von der mehr oder weniger vollständigen Eigenschaft des Metalls abhängt, diesen Druck ohne Veränderung

tragen zu können. Es zeigt sich bei den Büchsen
ne außerordentlich starke Reibung, die Materie wird
arm, reibt sich aus und schmilzt selbst zuweilen.
ur Verhinderung dieser Veränderung werden die rei-
nden Oberflächen stets mit Oel versehen, und dieß
t um so nöthiger, da die Oberflächen im Allgemeinen
r die Summen des Drucks, den sie zu ertragen
ben, fast auf die geringste Grenze vermindert sind.
uch hat die geringste Vernachlässigung in dieser Be-
ehung große Nachtheile; der erste besteht darin, daß
r Widerstand der Maschine sich bedeutend vermehrt,
daß sie oft in ihrem Gange aufgehalten wird; der
weite darin, daß sich die Büchsen sehr rasch abnützen;
r dritte, daß die Theile in Folge ihrer Erhitzung
nd der Anstrengungen, denen sie unterworfen sind,
rbrechen.

Die geringste Erhitzung der einem starken Druck
nterworfenen Büchsen verändert unmittelbar die Be-
ingungen der gegenseitigen Härte der sich reibenden
Metalle, vermehrt die Adhäsion zwischen ihren Ober-
ächen: sie höhlen sich aus und zerreißen, und Oel
nn nie die gute Arbeit der auf diese Weise verän-
rten Oberflächen wiederherstellen.

In einer genauen Aufmerksamkeit auf das Schmie-
n liegt daher eine der sichersten Bedingungen für
e Erhaltung eines guten Betriebes der Maschinen.
ine andere, nicht minder nothwendige, Sorgfalt
uß darauf verwendet werden, um soviel, als mög-
h, alle Stücke in ihrem ersten, normalmäßigen
ustande zu erhalten. Eine aus so vielen Stücken
stehende Maschine, welche durch die Stöße und
rch die Schnelligkeit ihres Betriebes so starken
d unaufhörlichen Erschütterungen ausgesetzt ist, er-
ngt natürlich eine gewisse Beweglichkeit in ihrer
liederung, und diese möglichst zu vermeiden, muß
s Bestreben des Führers sein. In den Büchsen

und Pfannen muß nur der nöthige Spielraum bleiben; er muß die abgenutzten Stücke durch andere ersetzen und die lose gewordenen Verbindungen wieder steifer machen. Diese Verbindungen sind übrigens so eingerichtet, um die Nachtheile der Abnutzung überall da, wo sie sich bei den aufeinander reibenden Stücken zeigt, zu verhindern.

Von der Adhäsion. — Anfänglich hatte man angenommen, daß die zwischen den Maschinenrädern und den Schienen existirende Adhäsion nicht hinreichend sei, beträchtliche Lasten fortzuschaffen, und man ließ daher die Maschinen mittelst eines Zahnrades und einer Zahnstange gehen. Allein man erkannte bald, daß die Adhäsion der Räder an den Schienen, so glatt auch die in Berührung stehenden Oberflächen seien, hinreiche, und daß die Zahnstange nur einen sehr langsamen Gang gestatte.

Die Adhäsion wechselt nach der größern oder geringern Reinheit der Schienen von $\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{15}$ des Gewichts, welches die Triebräder der Maschine tragen, und da das Letztere gewöhnlich 5 Tonnen beträgt, so können die Räder, ohne zu gleiten, eine Last von höchstens einer Tonne oder 20 Ctrn. und von mindestens 6 Ctrn. überwinden. Dieß übersteigt die gewöhnliche Arbeit weit. Wirklich zerfällt das Gewicht der Wagenzüge oder Convois in zwei Theile: in die der Maschinen und in die der Transportwagen. Die von den Maschinen entwickelte Reibung beträgt 8 Kilogr. (17 Pfd.) auf 1000 Kilogr. oder 1 Tonne und die der Wagen etwa 4 Kil., so daß die durchschnittlich 10 Tonnen schweren Maschinen daher 80 Kilogr. (168 Pfd.) absorbiren. Es bleibt alsdann das Gewicht, welches die Kraft vorstellt, und dem die Adhäsion von höchstens 920 und mindestens 250 Kil. (1930 und 530 Pfd.) das Gleichgewicht hält, und welches höchstens 230 und mindestens 62 Tonnen zu

ziehen vermag. Die gewöhnlichen Personenwagenzüge bestehen aus etwa 6 Wagen, die, mit Menschen besetzt, ein Gewicht von 30 Tonnen haben, und die zu der Bewegung derselben erforderliche Adhäsion wird durch das Gewicht von 120 Kil. (250 Pfd.) und mit der Maschine und ihrem Tender höchstens durch 220 Kil. (460 Pfd.) ausgedrückt. Indem nun die gewöhnlichen Grenzen der Adhäsion $\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{10}$ sind, würde es hinreichend seyn, daß die Triebräder der zu dem bemerkten gewöhnlichen Betriebe der Bahn erforderlichen Maschinen ein Gewicht von $2\frac{1}{2}$ Tonnen trügen.

Aber weit davon verschieden ist das Gewicht der 12 Tonnen schweren Maschinen auf folgende Weise vertheilt:

Auf die Triebräder	$5\frac{1}{2}$ Tonnen
„ „ Vorderräder	$4\frac{1}{2}$ „
„ „ Hinterräder	2 „
Summe	12 Tonnen.

Diese Vertheilung hat ohne Zweifel den Vortheil, daß eine Maschine bedeutende und geringe Gewichte fortschaffen kann; allein sie hat auch den großen Nachtheil, für die Eisenbahn eine Ursache der Zerstörung und wenigstens davon zu sein, daß die Schienen aus ihrer richtigen horizontalen Lage kommen, so daß sie häufige Reparaturen veranlassen.

Dieser so schädliche Einfluß des Gewichtes der Maschinen ist durch unumstößliche Erfahrungsresultate bewiesen worden.

Die Liverpool-Manchesterbahn wurde anfänglich mit Schienen versehen, von denen 3 Fuß etwa 44 Pfund wogen, und die Maschinen wogen 5 Tonnen. Nach wenigen Monaten wurde aber durch die Leichtigkeit der Stücke und die Beweglichkeit, die sie in ihren Verbindungen erlangten, dargethan, daß das

Schienen geben; sie ist die unmittelb
Fehler, die mit der bis jetzt befolgten
weise der Eisenbahnen verbunden sind,
die Ingenieure recht gut kennen, und
den ihr angestrengtes Bemühen ist.

Eine Eisenbahn wird auf dem
vorgerichtet, mit dem sie nur durch ih
wicht oder durch das der schwachen Sch
Sand verbunden ist, welche die Unterl
Wenn nun eine Locomotive darüber weg
der Boden durch den Einfluß des Ge
gedrückt, er biegt sich nach seiner grö
ringern Elasticität, oder jenachdem auc
den Druck auf einen größern oder ge
seiner Oberfläche überträgt. Die Schie
Biegung, und da sie sich dabei vorn u
richtet, so entsteht dadurch eine unduliren
sobald ein Wagenzug darüber weggeht.
kung ist so bedeutend, daß bei Steigu
bis 14 Tausendel, die Schienen schon
wöhnliche Benutzung unmerklich herabge

stand der Schienen veranlaßt. An den Verbindungen oder Wechseln ist nämlich der Widerstand geringer, als an den übrigen Puncten; das Gewicht ist an diesem Puncte auf eine schwächere Oberfläche des Bodens zurückgeführt; auf eine Biegung der Schienen, die an diesem Puncte am Beträchtlichsten ist, folgt ihre Aufrichtung nach dem Uebergange der Last, der Querschwell wird von dem Boden in die Höhe gehoben, und jedesmal, wenn er das Gewicht der Wagenräder von Neuem zu tragen hat, senkt er sich wieder mit einem heftigen Stoße gegen den Boden, der dadurch immer mehr und mehr niedergedrückt wird. Diese Vibrationen betragen höchstens nur einige Linien, selbst bei der schlechtesten Construction der Eisenbahn; allein dieß ist hinreichend, um bei jedem Uebergange über eine Schiene Stöße hervorzubringen, die sich durch ein Schlagen zeigen, welches durch den Unterschied der Höhe zweier aufeinander folgender Schienen an ihren Wechseln verursacht wird. Die Schiene, auf welche die Last einwirkt, senkt sich, die andere bleibt erhöht, so daß die Räder auf ihrem Laufe gegen diesen Widerstand stoßen und ein stärkeres oder schwächeres Geräusch verursachen.

Man sieht ein, wie sehr eine Eisenbahn mit Schienen von 40 Pfund Gewicht auf 3 Fuß Länge unter dem Einflusse so bedeutender Gewichte, wie das der Maschinen und Wagen, und bei großen Geschwindigkeiten leiden mußte. Man war daher genöthigt, sogleich Maßregeln dagegen zu nehmen, da das Uebel mit größter Schnelligkeit zunahm.

Die angewendeten Mittel waren von zweierlei Art. Das erste bestand darin, die vierzigpfündigen Schienen durch sechszigpfündige zu ersetzen; allein da dieß nur nach und nach geschehen konnte, so war diese Maßregel unzureichend. Man versah daher die bis dahin vierrädrigen Maschinen mit sechs Rädern.

Man hatte bemerkt, daß die schädliche Einwirkung der Maschinen auf die Bahn von der Art und Weise herrührte, wie die Räder, in Folge der weiter oben erwähnten Vibrationen, gegen die Schienenwechsel stießen. Man ließ daher einen Theil von dem Gewichte der Maschine, in dem Augenblicke des Stoßes, auf zwei Hinderrädern ruhen, und zu dem Ende brachte man die Räder auf solche Weise an, daß sie nur, wenn die Maschine leer war, einen geringen Theil ihres Gewichtes trugen, um die Schwingungen der Federn zu verhindern; wenn aber die Maschine mit Wasser angefüllt war, wurden die Federn mit etwa höchstens 1000 Pfund belastet. Dieses dem Anscheine nach so geringfügige Mittel ist im höchsten Grade wirksam. Es ist sehr einleuchtend, daß bei den Schwingungen bei'm Gange der Locomotive, die Hinterräder einen bedeutenden Theil der Last aufnehmen, weil die schlechter werdende Bahn die Räder aufhielt, und die langsam erfolgende Auswechselung der leichten Schienen hatte daher nichts Nachtheiliges, ja sie hätte sogar gänzlich unterbleiben können, wenn nicht die Geschwindigkeit der Züge auf der Bahn so außerordentlich wäre.

Wir bedürfen keiner weitern Auseinandersetzung, um zu sehen, wie es kommt, daß bei den vierrädrigen Maschinen die Kurbelachse nothwendig mehr, als die Hälfte der Last tragen muß. Wenn die Cylinder zwischen den Rädern angebracht sind, so müssen die Kurbelstangen der gekröpften Achse vor dem Feuerkasten bequem spielen können; es wird alsdann ein bedeutender Theil der Maschine hinter jener Achse liegen, und der Platz des Maschinisten befindet sich auch dort und belastet jene also sehr bedeutend.

Man sieht jedoch ein, daß die Vertheilung des Gewichts der Maschinen auf sechs Räder nicht wegen der gleichen Vertheilung desselben gemacht worden ist,

sondern wegen Schonung der Bahn, indem nur kurze Zeit während des Betriebes ein Theil des Gewichtes von den Triebrädern auf die Hinterräder gebracht wird. Dieß erklärt sich folgendermaßen: Auf der Eisenbahn von Liverpool nach Manchester sind starke Steigungen von $\frac{1}{100}$ vorhanden, und da es von Wichtigkeit ist, daß die Maschinen eine Gesammtadhäsion behalten, die ihrem größten Nutzeffecte gleichkommt, so hat man das von den Triebrädern getragene Gewicht nicht zu vermindern gesucht. Die Form der sechsrädrigen Maschinen ist daher von der der vierrädrigen nur dadurch verschieden, daß jene zwei Hinterräder haben, die nur bei den Stößen wirken. Eine solche Abänderung kann bei Bahnen, wie die von Liverpool nach Manchester führende, auf der bedeutende und verschiedene Steigungen vorhanden sind, sehr wesentlich, für andere Bahnen aber sehr unwesentlich und unwirksam sein. Wirklich müssen die Locomotiven mit Berücksichtigung der Bahn, auf welcher sie wirken sollen, construirt werden. Ist eine Bahn kurz, so folgen die Abfahrten häufig aufeinander, die Convois sind gewöhnlich leicht; wenn die Steigungen gering sind, so ist die Wirkung der Maschine fast auf der ganzen Linie gleich. Ein Dienst dieser Art erfordert keine bedeutende Anstrengung, und die Grenze der Adhäsion kann daher gering und das auf die Triebräder übertragene Gewicht noch weit geringer sein. Da man aber die Triebräder nicht entlasten kann, ohne die Vorderräder weit mehr, als die Hinterräder, zu belasten, so wird der kleine Durchmesser der Vorderräder bei den Maschinen eine Ursache der merklichen Erhöhung der Reibung. Da diese Reibung im umgekehrten Verhältnisse des Raddurchmessers zunimmt, so darf man das Gewicht nicht von den großen Rädern nehmen, um es auf die kleinen zu übertragen. Auch ist es sehr unzweckmäßig,

die Vorderräder sehr klein zu machen, indem durch solche die Reparaturkosten der Bahnen sehr vermehrt werden.

Die andern Vortheile der sechsrädrigen Maschinen bestehen darin, daß sie aufgehört haben, zu galopiren, daß ihre Seitenabweichungen, die hauptsächlich von der ungleichen Abnutzung der Querschwellen nach rechts und nach links herrühren, an Intensität verloren haben, daß ihr Mechanismus eine längere Dauer hat, daß ihr ganzer Bau länger gehalten hat, daß weniger häufig Dampf durch schadhafte Röhren entweicht, endlich, daß, wenn die Kurbelachse bricht, die Locomotive nicht aus dem Geleise gehen kann.

Eine Frage in Beziehung auf die beste Einrichtung einer Locomotive, welche manchen Widerspruch erlitten hat, bestand darin, ob das Gestelle außerhalb oder innerhalb der Räder vorhanden sein müsse. Die Erfahrung hat für die erstern entschieden, die auch in Uebereinstimmung mit den theoretischen Ansichten steht. Eine steife Welle, die in drehender Richtung durch geradlinige Kräfte getrieben wird, dreht sich mit um so größerer Stabilität, je entfernter ihre Zapfenlager voneinander liegen. Nimmt man an, daß eine Kurbel- oder Triebradachse mittelst ihrer Zapfenlager nur nach der Mitte zu gehalten werde, so würde, wenn sie durch Kräfte getrieben würde, die in verschiedener und entgegengesetzter Richtung von der durch die Cylinder mitgetheilten wirken, sie bei der geringsten Abnutzung der Zapfenlager aufhören, senkrecht auf der Kolbenbewegung zu stehen; im Gegentheile würde sie einen um so größern Winkel annehmen, je mehr die Zapfenlager sich der Mitte näherten. Alsdann stoßen die Spurkränze der Räder gegen die Schienen, die Maschine erleidet heftige Seitenabweichungen, die bei großen Geschwindigkeiten gefährlich sind. Dasselbe wird auch der Fall sein und durch eine ähnliche

Ursache herbeigeführt, wenn die Kurbeln, statt einen Theil der Achse selbst zu bilden, an den Enden angebracht sind, wie dieß bei solchen Maschinen der Fall ist, bei denen die Cylinder außerhalb des Rauchkastens liegen.

Von den zum Gütertransport angewendeten Maschinen. — Zum Waarentransport wendet man gewöhnlich Maschinen an, deren Triebräder mit den Vorderrädern durch Kurbelstangen verbunden sind; diese Räder haben dann gleichen Durchmesser mit jenen. Diese Kuppelung hat keinen andern Zweck, als die Vermehrung der Adhäsion, indem man daran das von den Vorderrädern der Maschine getragene Gewicht Theil nehmen läßt.

Da die von den Rädern getragene Belastung auf der Liverpool-Manchester-Bahn gewöhnlich 5 Tonnen beträgt und die Adhäsion höchstens $\frac{1}{8}$ von diesem Gewichte, so wird dieß hinreichen, um auf einer ebenen Bahn 250 Tonnen fortzuschaffen. Da aber das Minimum der Adhäsion bis auf $\frac{1}{15}$ hinabsinken kann, so würden die Maschinen selbst mit einer Belastung, die etwas mehr als ein Drittel der obigen Belastung beträgt, ohne zu gleiten, nicht vorwärtsgehen können.

Die gewöhnlichen Personenwagenzüge sind auf der obigen Bahn ohngefähr ein Drittel so schwer, als die Last, welche die Maschinen mit einer geringen Geschwindigkeit auf der ganzen Linie, mit Ausnahme der Rampe von $\frac{1}{100}$ Steigung, fortzuschaffen vermögen. Die Kraft der Maschinen, einzig nach den Dimensionen des Cylinders, der Kurbeln und der Räder berechnet, ist alsdann drei oder vier Mal stärker, als der zu überwindende Widerstand. Die Adhäsion ist daher für diese Arten von Zügen stets hinreichend, und Aufenthalte durch Gleiten sind selten und unbemerkbar.

Bei'm Gütertransport ist es anders: die Züge sind beträchtlich, die Adhäsion muß der ganzen Kraft der Maschine das Gleichgewicht halten, und man wendet alsdann die Verkuppelung an. Jedoch hat dieselbe große Nachtheile, indem sie eine bedeutende Reibung veranlaßt, die von einem ungleichen Durchmesser der Räder, in Folge der Abnutzung der Felgen und der Adjustirungspfannen der Kuppelstangen, herrührt.

Die Maschinen sind alsdann in den Curven von geringem Durchmesser nur schwierig zu bewegen.

Die Kuppelstangen können zerbrechen.

Bei großer Geschwindigkeit kommen die Kuppelungen in Unordnung.

Eine gekuppelte Maschine, deren Räder, z. B., bei Schnee, gleiten, erleidet bedeutende Drehungen bei den meisten beweglichen Theilen.

Bei gutem Wetter sind die Kuppelstangen nicht nöthig und werden alsdann ganz überflüssig.

Diese Nachtheile haben daher Herrn Melling veranlaßt, auf der Liverpool-Manchester-Eisenbahn eine andere Methode anzuwenden, um die Bewegung der Vorderräder von der der Triebräder abhängig zu machen. Er brachte nämlich zwischen den Rädern eine Rolle an, die auf die Kreise der Felgen eines jeden drückte und nach Belieben durch eine beträchtliche Kraft mittelst kleiner Cylinder mit Kolben, in die man Dampf einließ, angewendet werden konnte, sobald man die Adhäsion der Maschine vermehren wollte.

Von dem Tender oder Munitionswagen. — Mit einer in Bewegung stehenden Locomotivmaschine ist ein Wagen, Tender genannt, verbunden, der gewöhnlich auf vier, neuerlich häufig aber auch auf sechs Rädern ruht. Er enthält das erforderliche Wasser und Brennmaterial, um den Ofen und den Kessel auf einer Strecke von höchstens 5 und

von wenigstens 8 (preußischen) Meilen zu speisen. Bei längern Bahnen sind auf den Stationen Wasserbehälter und Coaksmagazine vorhanden, um den Tender mit beiden Materialien füllen zu können.

Der Tender ist mit seiner Maschine durch einen Bolzen verbunden, der genau in ein Band paßt, und der jeder von der Maschine entwickelten Kraft entsprechen muß. Der Wasserbehälter des Tenders steht mittelst zweier Röhren mit den Speisepumpen in Verbindung. Diese Verbindung geschieht durch gegliederte Röhrenstücke, so daß alle Seiten- und senkrechten Bewegungen, die aus den oben angegebenen Gründen, und hauptsächlich wegen Unebenheit der Bahn und wegen zu großer Geschwindigkeit der Maschine, nicht vermieden werden können, keinen nachtheiligen Einfluß haben. Auch der Bolzen gestattet diese Bewegungen.

Ein gut construirter Tender muß übrigens einerseits leicht und andererseits fest sein; die Fugen der Blechtafeln, aus denen das Wasserreservoir besteht, müssen gehörig verdichtet sein; die Hähne, welche den Speisepumpen Wasser zuführen, müssen ebenfalls sehr dicht sein, eine Bedingung, die nicht überall erfüllt ist. Das Brennmaterial liegt auf dem Tender im gleichen Niveau mit dem Ofen; die Räder sind, wie bei Locomotiven, auf die Achsen gekeilt, und das Gewicht des Tenders hängt in Federn, um die heftigen Bewegungen des Wassers zu vermeiden. Hinten ist ein Haken an eine starke Zug- und Stoßfeder angebracht, welcher die oft sehr heftigen Stöße bei'm Anziehen, bei'm Stillstehen und während des Ganges der Maschine mildert.

III. Anwendung der Expansion des Dampfes bei den Locomotiven.

Man hat gefunden, daß bei den Personenzügen, wenn sie ihre gewöhnliche Geschwindigkeit erreicht haben, durchaus kein Dampfdruck von 4 Atmosphären existirt. Will man einen zweckmäßigen Druck in dem Kessel erhalten, so muß der Regulator sehr wenig geöffnet sein, und es entsteht alsdann in den Dampfröhren eine wirkliche Expansion. Sind aber die Locomotiven wirklich nach dem Principe der Expansion eingerichtet, so wird man im Gegentheile dahin gelangen, im Anfange den Dampf mit vollem Drucke wirken, und ihn alsdann im Cylinder selbst expandiren zu lassen, worauf er bei einem geringern Drucke in die Esse entweicht.

Die Expansion läßt sich bei allen Maschinen sehr vortheilhaft anwenden, weil der auf den Kolben wirkende Druck nie so bedeutend ist, als im Kessel, oder es wenigstens, ohne gewisse Hindernisse zu finden, nicht sein kann. Man wird einsehen, daß, wenn man bei'm Betriebe einer Locomotive einen wirksamen Druck von 4 Atmosphären erhalten wollte, es unmöglich sein würde, die Züge abgehen zu lassen, indem man alsdann keine disponible Kraft hätte, um ihre Trägheit zu überwinden. —

Sehr wesentlich ist die durch Anwendung der Expansion erlangte Brennmaterialien-Ersparung. Sehr genaue Versuche haben gezeigt, daß, wenn man in einer gegebenen Maschine die Expansion, z. B., bei $\frac{8}{10}$ des Laufs, bewirkt, man die Kraft derselben etwa um $\frac{1}{3}$ vermindert. Da man aber den Dampfverbrauch um $\frac{7}{10}$ vermindert, so folgt daraus, daß der von einer gewissen Dampfmenge hervorgebrachte Effect mehr, als das Doppelte ist.

Der Hauptvortheil der Expansion besteht in einer größern Leistung des Dampfes. Ihre Wirkung be-

ht daher in einer Vermehrung der Verdampfungs-
aft der Maschinen, und wir sahen, daß dieß der
ts zu erstrebende Zweck sei.

Die Anwendung der Expansion wird daher das
esultat einer großen Vermehrung in dem geschwin-
n Gange einer Maschine herbeiführen, jedoch unter
eibehaltung derselben Bedingungen bei'm Betriebe.

Zu gleicher Zeit wird sie eine bedeutende Brenn-
aterialersparung veranlassen.

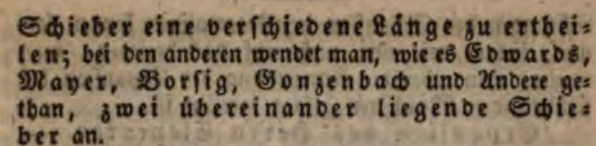
Die Anwendung des Expansionsprincipes bei
ocomotiven ist schon seit mehreren Jahren in Vor-
hlag gebracht, jedoch erreichte man damit anfänglich
Allgemeinen nur einen geringen Erfolg. Jedoch
egt es in der Natur der Sache, daß dieses System
i Locomotiven nur dann eine nützliche Anwendung
ndet, wenn der Grad der Expansion nach Bedürfniß
erändert werden kann, und zwar während des Ganges
er Locomotive selbst. Es giebt kaum eine Maschine,
elche einer größern Abwechselung in der Kraftäuße-
ung unterworfen ist, als die Locomotive, da mit jeder
eränderung im Bahngefälle sowohl, als in der Be-
stung und in der Richtung des Windes, der Wi-
erstand und die zur Ueberwindung desselben erforder-
che Kraft wechselt.

Bei den Locomotiven gewöhnlicher Einrichtung
uß die Kraft nach den ungünstigsten Umständen be-
essen werden, welche bei'm Betriebe vorkommen,
hne daß concurrirende vortheilhafte Verhältnisse be-
utzt werden können; bei den Expansionsmaschinen
estimmen zwar auch die ungünstigsten Betriebsver-
ältnisse die volle Kraft, welche eine Maschine besitzen
uß, um wirksam zu sein, sie gewähren aber den
ortheil, daß auch die besseren Verhältnisse benutzt
erden können und die Verwendung der Kraft immer
it dem Widerstande im richtigen Verhältnisse steht.

Wäre der Wechsel der Ladung, welche eine Maschine zu befördern hat, der einzige, der auf Kraftwechsel hinzielte, so würde es genügen, die Expansion für jeden Zug besonders zu reguliren; da aber, und namentlich bei Bahnen mit stärkeren Ansteigungen, die Neigungsverhältnisse einen sehr bedeutenden Einfluß auf die Zugkraft ausüben, und diese daher häufig wechseln muß, so ergiebt sich daraus die Nothwendigkeit, auch während des Ganges der Maschine den Grad der Expansion verändern zu können. Somit würde bei der größten Ladung und der stärksten Ansteigung die Expansion ganz unterdrückt, dagegen bei geringern Lasten und schwachen Steigungen verhältnißmäßig in Anwendung gebracht werden müssen.

Die Einführung dieses Systems ist daher vorzugsweise bei solchen Eisenbahnen von Nutzen, bei welchen gelegentlich starke Ansteigungen nicht zu vermeiden sind. Es müssen zwar dabei, wie vorerwähnt, die Maschinen eine solche Kraft zu äußern vermögen, um den Widerstand der stärksten Ansteigung zu überwinden; dagegen würde aus den übrigen günstigen Steigungen derselben Bahn alle der Vortheil gezogen, welche sie bei ausschließlichem Vorkommen durch Maschinen der gewöhnlichen Einrichtung zu gewähren im Stande sind. Man würde daher für jeden einzelnen Fall zu beurtheilen im Stande sein, in welchem Verhältnisse die Zinsen der Mehranschaffungskosten stärkerer Maschinen zu denen der Mehrbaukosten für Beseitigung einzelner stärkerer Ansteigungen bei Eisenbahnanlagen stehen, und daraus der Bauplan der Bahn, in Bezug auf Ansteigungen, zu motiviren vermögen.

Es giebt hauptsächlich zwei Systeme mit veränderlicher Expansion; bei dem einen beschränkt man sich darauf, wie es Stephenson und mehrere andere Maschinenbauer gethan, den Läufen der



Schieber eine verschiedene Länge zu ertheilen; bei den anderen wendet man, wie es Edwards, Mayer, Borsig, Gonzenbach und Andere gethan, zwei übereinander liegende Schieber an.

Bei der ersten Methode hat die Verkürzung des Schieberlaufes den Zweck, die äußeren Oeffnungen weniger aufzudecken, sondern vielmehr mehr zu verschließen, den Augenblick des Ausströmens von dem Dampfe zu beeilen und die Dauer der Zusammendrückung des Dampfes zu verzögern. Die aus der Expansion erfolgenden Vortheile werden daher größtentheils durch die Verengung der Einströmungsöffnungen für den Dampf, durch ein zu frühzeitiges Ausströmen, sowie durch den Gang mit Gegendampf wieder ausgeglichen und aufgehoben. Die Anwendung von zwei Schiebern gestattet dagegen, die Dampfzuführung bei jedwedem Puncte des Kolbenlaufes zu unterbrechen, ohne die Bedingungen des Ganges von dem Vertheilungsschieber zu verändern, und man erlangt alsdann die mit der Expansion verbundenen Vortheile vollständig.

Der anzuwendende Mechanismus ist bei dem zweiten Systeme nothwendig verwickelter, als bei dem ersten, jedoch sind wir überzeugt, daß nur auf diesem Wege Fortschritte zu machen sind, und daß er es ist, welcher befolgt werden muß. Mayer ist bereits zu einer Construction gelangt, die mit großer Regelmäßigkeit wirkt, und es ist nicht zu zweifeln, daß man die erforderliche Einfachheit erreichen wird. Jedoch darf man die gute Benutzung des Dampfes und des Brennmaterials nicht dem übertriebenen Bestreben opfern, den Mechanismus möglichst vereinfachen zu wollen.

Wir wollen nun mit Hülfe der Figg. 210 u. ff. auf der Taf. XXI mehrere von den wichtigsten Ein-

richtungen der Expansion bei Locomotiven kennen lernen, indem wir uns noch auf das beziehen, was weiter oben über die Anwendung der Expansion bei feststehenden Maschinen gesagt worden ist.

Expansion des Herrn Clapeyron. — Schon in den Jahren 1839 und 1840 beschäftigte sich Hr. Clapeyron damit, die Schieberventile an Locomotiven so einzurichten, daß durch dieselben eine größere Expansion hervorgebracht werden kann, als bisher. Er wollte jeden complicirten Mechanismus vermeiden und erreichte durch die Stellung des Excentricums auf der Achse, durch das Voreilen und die Ränder des Schiebers so viel, daß er während des dritten Theiles des Kolbenlaufes, ja sogar während $\frac{5}{12}$ desselben mit Expansion fahren konnte.

Der Dampf, welcher von dem Kessel kommt, geht, wenn die Admissionsklappe offen ist, durch die Röhre A, Fig. 220, und gelangt so unmittelbar in den Dampfvertheilungskasten B, welcher mit dem Dampfcylinder C aus einem Stücke gegossen ist. Der Dampfkasten hat oben eine große Oeffnung, durch die man in das Schieberventil gelangen kann, und welche durch einen viereckigen Deckel D, der an seinem Rande ringsum aufgeschraubt wird, verschlossen ist. Die eine Stirnfläche des Dampfkastens ist ebenfalls mit einer Oeffnung versehen, durch welche man den eisernen Rahmen a, der das Schieberventil umgiebt und in Bewegung setzt, einbringen kann. Die gegenüberliegende Stirnfläche ist mit einer Stopfbüchse versehen, durch welche die Schieberstange E dampfdicht geht. Das Schieberventil ist eine Art rechtwinkeliger Kasten F, welcher sich auf der horizontalen, vollkommen gerade abgehobelten, innern Fläche des Dampfkastens verschieben läßt. Es hat den Zweck, den Dampf so zu vertheilen, daß er bald der einen, bald der andern Kolbenfläche durch die Dampfcanäle

, b zugeführt wird. Die Sohle, mit welcher der
Dampfschieber auf der abgehobelten Fläche des Dampf-
kastens aufliegt, ist viel größer, als die Mündung
der Dampfcanäle; sie steht nicht bloß außerhalb, son-
dern auch innerhalb des Dampfschiebers vor. Von
der Breite dieser Sohle und ihrer jedesmaligen Stel-
lung während des Ganges der Maschine hängt die
Zeitdauer der Dampfeinführung in den Cylinder ab,
und folglich der Grad der Expansion, mit welcher
die Maschine arbeitet.

Zwischen den beiden Dampfcanälen b, b, durch
welche der Dampf beiden Cylinderenden zugeführt
wird, so daß er bald auf die eine, bald auf die an-
dere Kolbenfläche wirken kann, ist eine dritte, sehr
große Oeffnung o angebracht, durch die der Dampf
entweichen kann, sobald er auf den Kolben ge-
wirkt hat.

Die Locomotivmaschinen sind des regelmäßigen
Ganges wegen immer zweicylinderig, und deßhalb
sind auch zwei Schieberventile nothwendig, nämlich
eines für jeden Cylinder. Um die Schieberventile hin
und zurück zu bewegen, bekommt die horizontale
Schieberstange E eine geradlinig hin- und wieder-
kehrende Bewegung, welche mit der Kolbenbewegung
correspondirt. Die Schieberstange ist mit der Hülse c
vereinigt und in ihrer horizontalen Bewegung durch die
eiserne Stütze d geleitet, welche auf den Kolbenstangenkopf
aufgeschraubt ist. Durch die Hülse c geht ein Nagel, durch
welchen die Stange e beweglich mit ihr vereinigt ist.
Das andere Ende der Stange e ist auf ähnliche
Weise mit dem Hebel f verbunden, der in seiner
Mitte eine hohle Nabe hat, mit welcher er sich frei
auf der Achse g drehen kann, wenn der zweite Hebel-
arm h in der Gabel i der Excentricumstange G liegt
und durch dieselbe eine oscillirende Bewegung erhält.

Das andere Ende der Excentricumstange bilde
einen zweitheiligen Ring, der den Umfang des gu
eisernen Excentricums H umgiebt, welches auf di
schmiedeiserne Treibachse der Locomotive aufgekeilt i
Die drehende Bewegung, welche das Excentricu
von dieser Achse erhält, wird durch die Excentricu
stange und den Hebel f in eine abwechselnde verw
delt und durch Vermittlung der Stange e als ei
geradlinig hin- und wiederkehrende der Schieberstan
E und ihrem Schieberventile F mitgetheilt.

Da die Locomotive zwei Dampfcylinder u
zwei Dampfkästen hat, so muß sie auch nothwen
zwei gleiche Excentrica haben, von denen das a
seine Bewegung dem einen Dampfschieber, das a
dere hingegen dem anderen Dampfschieber mitthei
Außerdem ist aber noch nothwendig, daß die Lo
motive ebensowohl vorwärts, als rückwärts geh
und die Abänderung in der Richtung der Beweg
hervorgebracht werden kann, während die Masch
im Dienste ist. Man bringt deßhalb auf der Trei
achse der Maschine vier Excentrica an, von den
zwei bei'm Vorwärtsgehen der Maschine, zwei hi
gegen bei'm Rückwärtsgehen derselben gebraucht w
den. Die beiden ersteren sind nebeneinander i
der Mitte der Achse befestigt, und die beiden a
deren, H', liegen neben den ersteren auf der
Achse. Die Excentrica bestehen aus zwei Th
welche fest zusammengeschraubt werden; man bef
sie durch Stellschrauben auf der Achse, nachdem m
ihnen die richtige Stellung gegeben hat.

Zu den vier Excentricis sind auch vier Excentri
cumstangen nothwendig, von denen je zwei in Thätig
keit sind, um die Schieberventile zu bewegen. In der

Gabeln i der ersten beiden Excentricumstangen G liegen die Daumen der Hebel h, und diese werden so von den Stangen bewegt. Die anderen Stangen G' sind dagegen außer Eingriff und liegen ganz frei.

Um die Locomotive in entgegengesetzter Richtung gehen zu lassen, muß man die zwei Gabeln der Stangen G außer Berührung mit den Daumen an den Hebeln h bringen, und dagegen die beiden andern Excentricumstangen mit Daumen an den nämlichen Hebeln vereinigen, damit nun sie die Hebel h mit den Schieberventilen bewegen. Um dieß bewerkstelligen zu können, ist das Ende der horizontalen Achse g, welches mit einem Hebel versehen ist, mit einer langen Zugstange vereinigt, die an der Seite des Kessels hinläuft und bis zum Platze des Locomotivführers reicht, wo sie mit einem Hebel mit einem Handgriffe vereinigt ist, der auf der halben Mannshöhe steht. Bewegt man den Handgriff von Rechts nach Links, so folgt die Zugstange dieser Bewegung, und da sie durch einem Hebel mit der Achse g in Verbindung ist, so wird diese um einen gewissen Winkel gedreht. Mitten auf der Achse g ist ein zweiarmiger Hebel k, b befestigt, an dessen Enden zwei gerade Stangen m, m hängen, deren unteres Ende mit den Excentricumstangen vereinigt ist. Wird die Achse g von Rechts nach Links gedreht, so geht der Hebelarm k nieder und mit derselben zwei der Stangen m; die anderen zwei Stangen m dagegen gehen in die Höhe und heben zugleich die Excentricumstangen G, welche mit ihren Gabeln n' die Daumen auf den Hebeln h fassen. Daraus geht nun hervor, daß der Maschinenführer bloß den Handgriff nach Links oder nach Rechts zu bewegen hat, um die Excentricumstangen G oder diejenigen G' in Bewegung zu setzen, so daß die Schieberventile entweder durch die Excentrica H oder

die H' bewegt werden. Da nun die Mitten der beiden Excentricumpaare einander diametral gegenüberstehen, so begreift man, daß, wenn die ersten Excentrica die Schieberventile bewegen und dadurch die Locomotive so steuern, daß sie vorwärts geht, dieselbe rückwärts gehen muß, wenn die Schieber durch die Excentrica H' bewegt werden.

Wird der Handgriff vertical in die Mitte des Weges, den er machen kann, eingestellt, so sind die vier Excentricumstangen frei, wirken nicht mehr auf die Schieberventile, und es findet also auch keine Dampfvertheilung mehr Statt, und die Maschine kommt zum Stillstehen. Die Excentrica sind auf der Treibachse so gestellt, daß die beiden ersten, H, welche die Maschine vorwärts gehend machen, genau einen rechten Winkel zwischen sich einschließen. In Bezug auf die Kurbeln sind sie aber so gestellt, daß die Schieber etwas voreilen. Die beiden Excentrica H' schließen ebenfalls einen Winkel von 90° zwischen sich ein.

Geht die Kurbel aus ihrer horizontalen Lage links in die horizontale Lage rechts über, oder umgekehrt, so bewegt sich der Kolben in der entsprechenden Richtung geradlinig, das Excentricum aber geht während dieser Zeit von seiner unteren verticalen Lage in seine obere verticale Lage über, und umgekehrt, und bewegt deßhalb das Schieberventil hin und zurück. Während der Kolben die erste dieser Bewegungen macht, macht das Schieberventil die beiden anderen, es geht hin und zurück, öffnet den Zuflußcanal und schließt ihn nach und nach wieder. Macht der Kolben zwei halbe Bewegungen hin und zurück, so daß dadurch die Kurbel von einer verticalen Stellung in die andere übergeht, so bewegt sich das Schieberventil während

dieser Zeit geradlinig in ein und derselben Richtung. Bei jeder dieser Bewegungen nimmt, wenn die Kolbengeschwindigkeit zunimmt, die Geschwindigkeit der Schieberventile ab, und umgekehrt.

Seit mehreren Jahren schon bemerkte man aber, daß es nothwendig sei, die Excentrica nicht ganz im rechten Winkel zur Kurbel zu stellen, sondern den Winkel etwas größer zu machen, so daß das Schieberventil dann, wenn die Kurbel horizontal steht, schon etwas mehr als die Hälfte seiner Bewegung gemacht hat. Was das Schieberventil über die Hälfte seiner Bewegung macht, nennt man das Voreilen des Schiebers. Der Grund, warum man diese Aenderung in der Dampfvertheilung einführt, ist, daß man die Wirkung der Maschine dadurch erhöhen wollte; die Maschinen ziehen nämlich einen gleich schweren Wagenzug bei dieser Abänderung mit größerer Geschwindigkeit.

Expansionsvorrichtung der Herren Legavriand und Degnoy in Lille. — Diese Maschinenbaumeister nahmen für verschiedene Abänderungen, welche sie bei'm Dampfmaschinenbau anwandten, am 17. Januar 1842 ein Erfindungspatent auf fünf Jahre. Die Abänderungen bestehen hauptsächlich in Schiebern, welche sie auf dem durch ein Excentricum bewegten Schieberventile anbrachten. Mitten auf dem Schieberventile und auf der Seite, wo sich die kleinen Schieber bewegen, ist ein Ansatz angebracht, durch welchen die Stange geht, auf der die kleinen Schieber sich befinden. Diese Stange ist mit einem rechten und einem linken Gewinde versehen, welche beide durch einen Ansatz an der Stange getrennt sind. Nur wenn der Ansatz an der Stange auf den Ansatz am Schieberventile trifft, bewegt sich dieses, und sobald

wenn der Kolben einen gewissen Theil seines ganzen Hubes gemacht hat, brachte Herr Meyer zwei Platten oder kleine Schieber e, e' an, die mit den Ansätzen f, f' versehen sind, welche letztere auf eine und dieselbe Stange A aufgepaßt sind. Diese Platten verschieben sich auf dem Rücken des Schieberventiles und verschließen zur gehörigen Zeit abwechselungsweise die rechtwinkeligen Oeffnungen c, c'. Die Stange A ist da, wo sich die Ansätze f, f' befinden, zur Hälfte mit einem rechten, zur Hälfte mit einem linken Gewinde versehen, und die Ansätze sind so ausgebohrt, daß der eine die Mutter für das rechte, der andere für das linke Gewinde bildet. Aus dieser Anordnung geht hervor, daß, wenn man die Stange A um ihre Achse dreht, die Ansätze f, f' mit den Platten e, e' sich der Länge nach auf der Stange verschieben müssen, weil sie sich nicht mit der Stange drehen können, und da auf der Stange sich ein linkes und ein rechtes Gewinde befindet, so nähern sich die beiden Platten oder entfernen sich voneinander, je nachdem die Stange in der einen oder anderen Richtung gedreht wird. Die Ansätze f, f' können so nahe zusammengerückt werden, daß sie sich berühren, und entfernen können sie sich, bis sie an den Ringen g, g', die auf der Stange befestigt sind, anstoßen. Fig. 210 zeigt die Platten in ihrer größten, und Fig. 212 in ihrer kleinsten Entfernung.

Die Stange geht durch die beiden Wände der Dampfbüchse B, Fig. 213. Das Ende derselben, welches gegen die Treibachse der Locomotive zu liegt, ist durch einen Ring C, der eine Kugel umgiebt, mit einer Zugstange K verbunden. Diese Zugstange erhält ihre Bewegung von der Stange E des Dampfkolbens L, und zwar durch Vermittelung eines kleinen, ungleicharmigen Hebels. Die Bewegung der

Zugstange theilt sich der Schieberstange **A** mit den daran befindlichen zwei kleinen Schiebern f, f' mit, und zwar ist diese Bewegung immer der Kolbenbewegung entgegengesetzt, die Maschine mag vorwärts oder rückwärts gehen.

Auf demjenigen Ende der Stange **A**, welches durch die Rauchkammer durchgeht, befindet sich ein gezahntes Rad **F**, das durch einen Rahmen **G**, Fig. 215, getragen wird, welcher an die äußere Wand der Rauchkammer angeschraubt ist. Dieses Rad wird durch eine endlose Kette **H** in Bewegung gesetzt, welche zum Theil die Peripherie eines anderen Rades umgiebt, das der Maschinenführer vermittelst einer langen Achse, auf welcher sich eine Kurbel befindet, drehen kann, wenn er während des Ganges der Maschine die Entfernung der Schieber und dadurch den Grad der Expansion verändern will. Die Größe der Expansion wird durch einen Zeiger angezeigt, welcher sich auf einem Gradbogen bewegt, auf dessen Fläche die Zahlen 6, 5, 4, 3, 2, $\frac{2}{3}$ eingravirt sind. Diese Zahlen geben an, daß die Schieber so gestellt sind, daß der Dampf während $\frac{1}{6}$, $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{2}{3}$ des ganzen Kolbenhubes einströmen kann. Auf der Zeigerachse ist ein gezahntes Rad befestigt, welches durch eine endlose Schraube bewegt wird, die sich auf der langen Achse befindet, welche der Maschinenführer dreht, um die Expansion zu verändern. Ein und derselbe Mechanismus und die nämliche endlose Kette wirken auf die Schieber in beiden Dampfkästen.

Die Fig. 213, 214 u. 215 stellen die wesentlichen Theile der so eben beschriebenen Vorrichtung dar.

Fig. 213 ist ein verticaler Durchschnitt durch einen Cylinder, dessen Dampfkasten und durch die darin befindlichen Schieber. **I, I'** sind die beiden

Steuerungsgabeln zum Vorwärts- und Rückwärtsfahren. Sie bewegen das eigentliche Schieberventil. D ist der kleine Hebel, welcher die Bewegung der Kolbenstange der Schieberstange A mittelst der Zugstange K, die durch das Kugelgelenk C mit ihr verbunden ist, mittheilt. In Fig. 213 ist der Kolben L am Ende seiner rückwärtsgehenden Bewegung.

Fig. 214 ist ein anderer verticaler Durchschnitt eines Cylinders mit der Dampfbüchse, wobei der Schieber M eben seine geradlinige Bewegung beginnt. Die Stange A ist in der Mitte ihrer Bewegung, und die Platte f' hat die Oeffnung c' bereits bedeckt, so daß kein Dampf mehr in den Cylinder einströmen kann.

Fig. 215 ist eine horizontale Ansicht, aus welcher die Lage der beiden Cylinder und der endlosen Kette, die zu gleicher Zeit die beiden gezahnten Räder und mit denselben die Stangen A in Bewegung setzt, ersichtlich ist. N ist die Achse, mittelst welcher der Maschinenführer die endlose Kette in Bewegung setzt.

Wenn der Kolben seine geradlinige Bewegung beginnt, ist das Schieberventil M schon etwas über seine mittlere Stellung hinausgerückt, und die Schieber e, e' sind am Ende ihres Laufes und beginnen die rückwärtsgehende Bewegung. Die Oeffnung b ist durch den Rand des Schieberventiles nicht mehr ganz bedeckt, und die Oeffnungen b und c fallen demnach schon zum Theil zusammen. Was die Oeffnung b betrifft, so kommt diese unter die Höhlung des Schieberventiles M, und folglich kann, während der Dampf in den hinteren Cylinderraum tritt, um den Kolben vorwärts zu treiben, der Dampf, welcher im vorderen Cylinderraum gewirkt hat, durch den Canal b' zur Abzugsröhre gelangen. Da der Kolben

und das Schieberventil M sich vorwärts bewegen, während die Stange A sich in entgegengesetzter Richtung bewegt, so nähern sich die Oeffnung c und der Schieber e einander. Die Oeffnung c wird auf diese Weise durch den Schieber e verdeckt, und der Dampfzufluß unterbrochen, nachdem der Kolben einen Theil seines Weges zurückgelegt hat, welch letzterer um so kleiner wird, je weiter der Schieber f auf der Stange A nach rückwärts gestellt ist, oder je weiter die Schieber f und f' von einander entfernt sind. Die Zeitdauer der Expansion wird demnach durch die Entfernung der Schieber von einander vergrößert.

Aus den Versuchen, welche von Hrn. Combes mit einer Locomotive des Hrn. Meyer auf der Eisenbahn von Paris nach Versailles angestellt wurden, geht hervor, daß das veränderliche Expansionssystem, welches Hr. Meyer erfunden hat, allen Bedingungen einer guten Dampfvertheilung für alle Grade von Expansion entspricht, und daß es geeignet ist, alle Modificationen anzunehmen, die für nützlich erachtet werden sollten, wie z. B. das Voreilen des Schiebers bei'm Ablassen, wie bei'm Zulassen des Dampfes 2c. Diese Modificationen werden gerade so wie bei Maschinen mit gewöhnlichem einfachen Schieberventile hervorgebracht.

Veränderliche Expansionsvorrichtung des Hrn. Gonzenbach. — Dieser Ingenieur, welcher den Bau der Locomotiven bei Hrn. Meyer studirte, nahm am 18. Febr. 1843 ein Erfindungspatent auf 5 Jahre für eine veränderliche Expansionsvorrichtung an Locomotiven. Der Erfinder giebt dem Vertheilungsschieber so breite Ränder und läßt denselben so voreilen, als es für eine erste, constante Expansion nothwendig ist. Die Dampfbüchse ist durch eine horizontale, mit Oeffnungen versehene Platte in

zwei Abtheilungen getheilt, von denen die zweite einen Schieber, nämlich den Expansionsschieber, enthält. Dieser besteht aus einer Art rechtwinkeligem Rahmen, dessen Boden mit zwei Oeffnungen versehen ist, welche die Verbindung mit der Dampfzuleitungsröhre und dem eigentlichen Schieberkasten herstellen, wenn eine dieser Oeffnungen mit einer Oeffnung in dem Zwischenboden der Dampfbüchse zusammentrifft. Es ist nun leicht einzusehen, daß, wenn man dem Expansionsschieber eine hin- und wiederkehrende Bewegung giebt, dieser die Oeffnungen in dem Zwischenboden nach und nach frei machen und sie wieder bedecken wird. Wenn man nun diese Bewegung verändert, so wird man früher oder später die Verbindung unterbrechen, und folglich die Expansion länger oder kürzer dauern lassen können. Hr. Gonzenbach kann diese Bewegung, während die Maschine im Gange ist, verändern, indem er die Expansionsschieber beider Cylinder durch die Zugstangen der freien Excentrica bewegen läßt, d. h. diejenigen, welche zum Rückwärtsfahren gebraucht werden, wenn nämlich die Maschine vorwärts geht, oder umgekehrt. Der Hebel, welcher die Bewegung der Zugstange dem Expansionsschieber mittheilt, ist mit einem Schlitze versehen, ohne daß man seine wirksame Länge nach Belieben verändern kann, und folglich auch die Größe der Bewegung des Expansionsschiebers. Will der Maschinenführer den Grad der Expansion verändern, so reicht es hin, einen Handgriff zu bewegen, welcher am Platz des Führers angebracht und durch eine lange Stange mit dem geschlitzten Hebel in Verbindung ist. Durch die Bewegung des Handgriffes wird der Vereinigungspunct des Hebels mit der Excentricumstange entweder näher zum Drehungspuncte desselben gebracht, oder von demselben entfernt, und die Bewegung des Expansionsschiebers entweder vergrößert, oder verkleinert.

Der metallene Vertheilungsschieber a, Fig. 216, ist dem gewöhnlich gebräuchlichen ganz ähnlich. Ein zweiter Schieber b, welcher ebenfalls von Bronze ist, liegt über dem ersten und gleitet auf der Platte c, welche die Dampfbüchse in zwei Abtheilungen scheidet und mit zwei Oeffnungen versehen ist, die zusammen eine Quadratfläche haben, welche eben so groß ist, als die Quadratfläche einer der Mündungen d und d', welche zu dem Cylinder führen. Der Querschnitt der Oeffnungen in dem Schieber b ist etwas größer, als der Querschnitt der Oeffnungen in der Platte c, und zwar wegen der Contraction des Dampfes. Es ist nun leicht einzusehen, daß, wenn man dem Schieber b eine abwechselnde Bewegung giebt, er nach und nach die Oeffnungen in der Platte c frei machen und dieselben wieder verschließen wird, und daß, wenn diese Bewegung verändert wird, der Dampfzufluß früher oder später unterbrochen und folglich der Grad der Expansion ein anderer wird.

Veränderliche Expansionsvorrichtung des Hrn. Delpeche. — Die von Hrn. Delpeche erfundene und von Hrn. Cavé angewandte Expansionsvorrichtung besteht, wie das oben angeführte System, aus zwei zum Theil von einander abhängigen Schiebern, die aber auf eine andere Weise in Bewegung gesetzt werden. Der Erfinder wendet zu diesem Zwecke ein besonderes Excentricum a, Fig. 217, an, dessen Ring b mit einer kurzen Zugstange c vereinigt ist, deren Ende in einen geschlitzten Hebel d eingreift, welcher um den Punct e oscillirt und mit einer Stange g verbunden ist. Diese Stange bewegt die Expansionsschieberstange, welche durch eine Stopfbüchse geht und noch eine sonstige Führung hat. Die Grenzen, zwischen welchen die Expansion verändert werden kann, liegen zwischen $\frac{1}{5}$ und $\frac{3}{4}$ des Kolbenhubes. Will man keine Expansion stattfinden

lassen, so läßt man den Finger oder Zapfen i an der Excentricumstange sich in einer Art Ovale bewegen, das an dem geschlitzten Hebel d angebracht ist. Dadurch, daß man den Zapfen i dem Drehungspuncte des Hebels d nähert, oder von demselben entfernt, wird die Bewegung des Expansionsschiebers größer oder kleiner, und die Größe der Expansion verändert. Das Verschieben des Zapfens i in dem Schlitze d geschieht durch eine lange Stange k, die auf einen Winkelhebel l wirkt, der durch das Lenkstück m mit dem Ende der Excentricumstange o verbunden ist.

Veränderliche Expansionsvorrichtung der Herren A. Köchlin. — Am 15. März 1843 nahmen die Herren A. Köchlin in Mühlhausen ein Erfindungspatent auf 15 Jahre für eine veränderliche Expansionsvorrichtung an Locomotiven. Wie wir gesehen haben, werden bei dem Systeme des Herrn Meyer die Veränderungen in der Expansion des Dampfes durch zwei aufeinander bewegliche Schieber hervorgebracht, welche beide in einer und derselben Dampfbüchse liegen. Bei dem System von Köchlin sind aber zwei besondere Dampfbüchsen angebracht, von denen jede mit einem Schieberventile versehen ist. Die Vertheilungsdampfbüchse a, Fig. 2[illegible] liegt an der Seite des Cylinders, so daß der Vertheilungsschieber vertical steht, und die Dampfbüchse für den Expansionsschieber b bedeckt die obere Fläche der ersten, so daß der darin befindliche Schieber horizontal liegt. Der Dampf gelangt direct zum Expansionsschieber und geht von da durch zwei rechtwinkelige, gleich große Oeffnungen zum Vertheilungsschieber. Er wird während $\frac{3}{4}$ des Kolbenlaufes in den Cylinder gelassen, so daß $\frac{1}{4}$ der Kolbenbewegung durch Expansion geschieht.

Der Expansionsschieber ist mit zwei Oeffnungen versehen, welche größer sind, als die Verbindungsöffnungen der beiden Dampfbüchsen. Wenn der Expansionsschieber seine kleinste Bewegung macht, so läßt er die Verbindungsöffnungen zwischen den beiden Dampfbüchsen beständig offen; der Dampf kann also ungehindert zum Vertheilungsschieber kommen, und durch diesen wird nur $\frac{1}{4}$ Expansion hervorgebracht.

Bei der größten Bewegung der Expansionsschiebers werden die Oeffnungen bedeckt, wenn der Kolben $\frac{1}{4}$ seines Weges zurückgelegt hat; er bewegt sich demnach noch $\frac{3}{4}$ seines Weges durch Expansion.

Die Excentricumstangen c, c, Fig. 219, theilen ihre Bewegung unmittelbar den Vertheilungsschiebern a, a mit. Die beiden Gabeln d, d fassen einen Zapfen an einem Prisma e, das sich in einer an dem inneren Maschinenrahmen befestigten Bahn bewegt und mit der Stange des Vertheilungsschiebers vereinigt ist.

Die Gabel zum Vorwärtsfahren faßt den Zapfen von Oben, die zum Rückwärtsfahren hingegen von Unten.

Jede Excentricumstange trägt an einem Puncte ihrer Länge eine zweite Gabel g, deren Richtung der Richtung der ersten Gabel entgegengesetzt ist, die also, während die ersten einander entgegensehen, von einander absehen, so daß, wenn die eine Gabel gefaßt hat, die andere frei ist, und umgekehrt. Diese Gabeln bewegen den Expansionsschieber. Jede derselben kann einen Finger an einem doppelten, mit einem Schlitz versehenen Hebel h fassen, welcher an dem inneren Maschinenrahmen einen festen Drehungspunct hat. Die Finger oder Zapfen, welche die Gabeln fassen, sind in gleicher Entfernung vom Drehungspuncte des Hebels. Dieser schwingende Hebel setzt die Zugstange i des Expansionsschiebers in Bewegung.

und der Vereinigungspunct dieser Zugstange mit dem Hebel kann in Folge des Schlitzes in dem Hebel eine andere Lage erhalten. Durch diese Anordnung wird auch die Bewegung der Expansionsschieberstange veränderlich; denn sie wird größer, wenn der Verbindungspunct derselben mit dem Hebel weiter vom Drehungspuncte des letzteren hinweggerückt wird.

Der Mechanismus dieser Theile ist so, daß, wenn die Steuerung zum Vorwärtsfahren eingerückt ist, die Gabel der zweiten Excentricumstange (nämlich der zum Rückwärtsfahren) den Finger am oscillirenden Hebel faßt und so das Expansionsschieberventil bewegt, und daß, wenn man rückwärts fährt, die Excentricumstange zum Vorwärtsfahren dem Expansionsschieber seine Bewegung ertheilt.

Die Veränderung des Vereinigungspunctes der Expansionsschieberstange mit dem geschlitzten Hebel geschieht dadurch, daß der Maschinenführer einen Handgriff, der an seinem Platze angebracht ist, bewegt.

Die Handhabung des Apparates bietet gar keine Schwierigkeiten dar. Der Schieber läßt sich sehr leicht bewegen, und seine Reibung wird noch durch gehöriges Eingießen von Oel in die Schieberbüchse verringert.

Anhang.

Einfache und leichtverständliche Art und Weise, die Kraft der Dampfmaschinen zu berechnen.

Obgleich diesem Gegenstande in dem Werke selbst die größte Aufmerksamkeit und Sorgfalt gewidmet und für jede Art von Dampfmaschinen die Art und Weise, ihre Kraft zu berechnen, angegeben worden ist, so wird es doch nicht unzweckmäßig sein, das eben so einfache, als leichtverständliche Verfahren des Grafen von Pambour, aus dessen vom Dr. Schnuse übersetzten kleinen Schrift: „Anleitung zur Berechnung der Kraft der Dampfmaschinen" (Braunschweig 1846) mitzutheilen.

Graf Pambour ist bekanntlich der Verfasser zweier sehr wichtiger Werke über Dampfmaschinen:

Theoretisch-practisches Handbuch über die Dampfwagen. Nach der zweiten französischen Origi-

nalauflage. Deutsch von Schnuse. Braunschweig 1841.

Theorie der Dampfmaschinen. Nach der ersten franz. Originalauflage. Deutsch von Schnuse. Braunschweig 1839. Nach der zweiten Auflage deutsch von Crelle. Berlin 1847.

Der Fehler der gewöhnlichen Berechnungsmethode rührt daher, daß ihr die Verdampfung des Kessels nicht zum Grunde gelegt ist, und wir wollen daher durch Einführung dieses unerläßlichen Elementes, welches die alleinige Quelle des ganzen hervorgebrachten Effectes ist, zu der richtigen Auflösung der in Rede stehenden Aufgabe zu gelangen suchen. Uebrigens wollen wir bemerken, daß unsere Theorie auf keine Weise von der Gleichheit, oder Ungleichheit des Druckes des Dampfes im Kessel und im Cylinder abhängt, so daß sie auf die Maschinen gleich anwendbar ist, worin der eine oder der andere Fall Statt findet, und bloß um die Unrichtigkeit der gewöhnlichen Berechnungsmethode zu zeigen, haben wir nachgewiesen, daß zwischen diesen beiden Spannkräften gewöhnlich ein merklicher Unterschied Statt findet.

Wir wollen zunächst eine Dampfmaschine ohne Expansion betrachten, d. h. eine solche, wo der Dampf während des ganzen Kolbenlaufes in den Cylinder überströmt, wie in den doppeltwirkenden Watt'schen Dampfmaschinen und in den eigentlichen Hochdruckmaschinen. In einer solchen Maschine bezeichne

a die Fläche des innern Querschnittes des Cylinders in englischen Quadratfußen oder in französischen Quadratmetern;

1 die Länge des Kolbenlaufes in Fußen oder Metern;

S das in Kubikfußen oder in Kubikmetern aus-

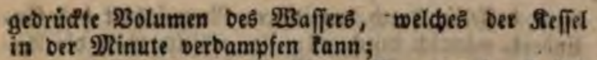
gedrückte Volumen des Wassers, welches der Kessel in der Minute verdampfen kann;

P den absoluten Druck des Dampfes im Kessel, in Pfunden für den Quadratfuß, oder in Kilogrammen für das Quadratmeter;

p den auf dieselbe Weise ausgedrückten und auf die entgegengesetzte Kolbenfläche wirkenden Gegendruck des nicht condensirten Dampfes.

Endlich wollen wir annehmen, daß diese Maschine eine in Fußen oder Metern ausgedrückte Geschwindigkeit v für die Minute habe, und daß der im Cylinder Statt findende unbekannte absolute Druck des Dampfes durch ϖ bezeichnet werde.

Der Dampf bildet sich zuerst im Kessel unter dem Drucke P, und das specifische Volumen des unter unter einem bestimmten Drucke gebildeten Dampfes wird durch die Tafel 1 gegeben. Wenn also q dieses specifische Volumen oder das Verhältniß des Volumens des unter dem Drucke P gebildeten Dampfes zu dem Volumen des Wassers, woraus er sich gebildet hat, bezeichnet: so ist klar, daß das Volumen des unter dem Drucke P in der Minute im Kessel gebildeten Dampfes durch qS ausgedrückt wird, und dieser Dampf nimmt in dem Cylinder nach der Voraussetzung eine Spannkraft ϖ an. Wenn man nun der Einfachheit wegen annimmt, daß der Dampf bei seinem Uebergange in den Cylinder seine Temperatur nicht ändert, oder das Mariotte'sche Gesetz befolgt, so ändert sich sein Volumen im umgekehrten Verhältnisse der Spannkräfte, d. h., wenn der Dampf einmal in den Cylinder übergegangen ist, so wird sein Volumen ausgedrückt durch:



$$qS\,\frac{P}{\varpi}.$$

Wenn dieses Volumen bekannt wäre, und man divi-

dirte dasselbe durch den innern Rauminhalt des Cylinders, nämlich durch al: so erhielte man die Anzahl der in der Minute Statt findenden Kolbenläufe gleich

$$\frac{qSP}{al\tilde{\omega}}.$$

Da aber v die Geschwindigkeit der Maschine oder den Raum, welchen der Kolben in der Minute durchläuft, bezeichnet, so ist klar, daß, wenn man diesen Raum durch die Länge l des Kolbenlaufes dividirt, der Quotient $\frac{v}{l}$ ebenfalls die Anzahl der in der Minute Statt findenden Kolbenzüge ausdrückt. Setzt man also diesen letzten Ausdruck dem vorhergehenden gleich, so erhält man die Gleichung:

$$\frac{v}{l} = \frac{qSP}{al\tilde{\omega}},$$

woraus sich der unbekannte Druck $\tilde{\omega}$ im Cylinder ergiebt, nämlich:

$$\tilde{\omega} = \frac{qSP}{av}.$$

Um nun den ganzen Druck zu erhalten, welchen der Dampf auf die Kolbenfläche ausübt, muß man offenbar diese Fläche durch den auf die Flächeneinheit wirkenden Druck $\tilde{\omega}$ multipliciren, und um hieraus den in der Minute hervorgebrachten Effect zu erhalten, muß man dieses Product noch durch den Raum, welchen der Kolben in der Minute durchläuft, oder durch die Geschwindigkeit v multipliciren. Der von dem Dampfe in der Minute hervorgebrachte Gesammteffect ist folglich gleich

$$a\tilde{\omega}v = qSP,$$

und um daraus den Bruttoeffect der Maschine abzu-

leiten, braucht man davon nur die durch den Gegendruck des nicht condensirten Dampfes, welcher auf die entgegengesetzte Kolbenfläche wirkt, absorbirte Arbeit abzuziehen. Da wir aber diesen Gegendruck für die Flächeneinheit mit p bezeichnet haben, so beträgt derselbe für die ganze Kolbenfläche ap, und die entsprechende Arbeit ist gleich apv. Der Bruttoeffect der Maschine bei einer gegebenen Geschwindigkeit v ist folglich gleich:

$$qSP - apv.$$

Wie man sieht, besteht dieser Ausdruck aus zwei Gliedern, wovon das erste qSP unveränderlich ist, und das zweite apv sich allein mit der Geschwindigkeit v der Maschine ändert. Hieraus folgt also zunächst, daß der Effect der Maschine am Größten ist, wenn die Geschwindigkeit v derselben so klein als möglich ist. Diese Geschwindigkeit hat offenbar ihren kleinsten Werth, wenn der Dampf im Cylinder eben denselben Druck, wie im Kessel hat; denn wenn dieses nicht der Fall ist, so kann der Druck im Cylinder nur kleiner sein, wie im Kessel, was ein größeres Volumen des Dampfes, und folglich eine größere Geschwindigkeit des Kolbens zur Folge hat. Die Maschine bringt also ihren größten Effect hervor, wenn der Dampf in dem Cylinder denselben Druck hat, wie im Kessel; aber man sieht leicht ein, daß dieses nicht daher kommt, weil der Dampf alsdann an und für sich eine größere Wirkung ausübt, da das Glied qSP, welches diese Wirkung ausdrückt, unveränderlich ist; sondern bloß daher, weil alsdann die Geschwindigkeit v kleiner ist, und das Glied apv, welches die durch den Gegendruck absorbirte Arbeit ausdrückt, seinen kleinsten Werth hat. Ebenso sieht man leicht ein, daß man die Maschine, obgleich sie *alsdann* ihren größten Effect hervorbringt,

ihre gewöhnliche Arbeit doch nicht unter solchen Umständen verrichten lassen kann, weil sich ihre Geschwindigkeit bei der geringsten Zunahme des Widerstandes verzögern und die Maschine sogar ganz still stehen könnte, und wir haben auch bloß den Druck des Dampfes im Kessel und Cylinder als gleich angenommen, um den größten Effect der Maschine genau kennen zu lernen. Ferner haben wir gesehen, daß das Volumen des Dampfes bei dem Drucke im Kessel durch q S ausgedrückt wird, und wenn dieser Dampf bei unveränderter Spannung durch den Cylinder geht, so muß er dem Kolben eine Geschwindigkeit ertheilen, welche ausgedrückt wird durch:

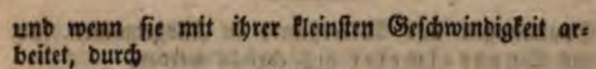
$$\frac{qS}{a}.$$

Diese letzte Größe drückt also die **kleinste**, oder die dem **größten Effect** entsprechende Geschwindigkeit der Maschine aus, und wenn man sie statt v in den vorhergehenden Ausdruck setzt, so ergiebt sich daraus der **größte Bruttoeffect** der Maschine gleich

$$qS\,(P-p). \qquad (3)$$

Um hieraus endlich den **Nutzeffect** der Maschine abzuleiten, braucht man davon nur die durch die Reibung absorbirte Arbeit abzuziehen. Bezeichnet folglich f den Widerstand, welchen diese Reibung gegen den Kolben der Maschine ausübt, und welchen wir ebenfalls in englischen Pfunden für den Quadratfuß, oder in Kilogrammen für das Quadratmeter der Kolbenfläche ausgedrückt annehmen wollen: so wird die durch die Reibung absorbirte Arbeit, wenn die Maschine eine Geschwindigkeit v hat, ausgedrückt durch

$$avf,$$



und wenn sie mit ihrer kleinsten Geschwindigkeit arbeitet, durch

$$qSf.$$

Zieht man also die Summe dieser beiden Größen resp. von den obigen Ausdrücken für den Bruttoeffect der Maschine ab, so erhält man für den noch nicht in Pferdekräften ausgedrückten Nutzeffect der Maschine bei einer beliebigen Geschwindigkeit v derselben den Ausdruck:

$$qSP - av(p + f),$$

und für den noch nicht in Pferdekräften ausgedrückten größten Nutzeffect der Maschine den Ausdruck:

$$qS(P - p - f). \quad (4)$$

Vermittelst der sehr einfachen Ausdrücke (3) und (4) muß man folglich den dynamometrischen Brutto- oder Nutzeffect der Dampfmaschinen berechnen, welche mithin für die bei der gewöhnlichen unrichtigen Berechnungsart angewandten Ausdrücke substituirt werden müssen.

Bei der Anwendung dieser Ausdrücke sind jedoch mehrere wichtige Bemerkungen zu machen, welche nun zunächst hier folgen sollen. Die erste besteht darin, daß alle in den erwähnten Ausdrücken vorkommenden Größen auf dieselbe Einheit bezogen werden müssen, weil sonst die Rechnung auf ein ganz unrichtiges Resultat führen würde. Wenn also die Geschwindigkeiten in englischen Fußen und die Lasten in englischen Pfunden ausgedrückt werden, so müssen die Spannkräfte oder Widerstände nicht für den Quadratzoll, wie es gewöhnlich in der Praxis geschieht, sondern für den Quadratfuß in Pfunden ausgedrückt werden. Ebenso müssen, wenn die Geschwindigkeiten in Metern und die Ladungen oder Lasten in Kilogrammen ausgedrückt werden, die

Spannungen und Widerstände in Kilogrammen für das Quadratmeter ausgedrückt werden.

Die zweite Bemerkung besteht darin, daß der im Vorhergehenden angewandte Buchstabe S das Volumen des wirklich im Kessel in Dampf verwandelten Wassers und welches als Dampf im Cylinder verbraucht ist, bezeichnet. Es finden aber in dieser Beziehung zwei Verluste statt, welche wir successive betrachten wollen. Bekanntlich kommt bei jeder Dampfmaschine in dem Cylinder derselben immer ein sogenannter freier oder schädlicher Raum vor, welchen der Kolben nicht durchläuft, und welcher sich nebst den daran stoßenden Dampfleitungen bei jedem Kolbenzuge nutzlos mit Dampf füllt. Um diesen Umstand in Rechnung zu bringen, muß man folglich die Größe dieses schädlichen Raumes, in Vergleich zu dem nutzbaren Raume des Cylinders an der Maschine selbst, bestimmen und von der Bruttoverdampfung des Kessels einen diesem schädlichen Raume entsprechenden Theil derselben abziehen. Da in den rotirenden oder mit einem Schwungrade versehenen Dampfmaschinen der schädliche Raum im Allgemeinen $\frac{1}{20}$ des ganzen innern Rauminhaltes des Cylinders beträgt, so kann man denselben in Rechnung bringen, wenn man zunächst $\frac{1}{20}$ der in dem Kessel oder in den Speisebehältern beobachteten Bruttoverdampfung abzieht. Außerdem findet aber auch noch ein zweiter Verlust an der Bruttoverdampfung Statt, welcher darin besteht, daß immer ein Theil des Wassers im Kessel im tropfbarflüssigen Zustande, mit dem Dampfe gemischt, in den Cylinder übergeführt wird, ohne darin irgend eine Wirkung auf den Kolben auszuüben. Es sind bisher keine Versuche in hinreichender Anzahl angestellt, um diesen Verlust genau in Rechnung bringen zu können, und derselbe ist zuverlässig von der besondern Construction des Kessels

abhängig. Man kann aber nach einigen bis jetzt gemachten Beobachtungen diesen Verlust bei feststehenden Dampfmaschinen näherungsweise auf $\frac{1}{20}$ des ganzen in den Cylinder tretenden Dampfes anschlagen. In den Locomotiven ist dieser Verlust weit beträchtlicher, wie Pambour in seinem „theoretisch-practischen Handbuche über Dampfwagen" gezeigt hat, und ändert sich mit den Maschinen, sowie mit der Art ihrer Führung.

Eine dritte Bemerkung endlich bezieht sich auf die Bruttoverdampfung selbst. Soll nämlich eine Dampfmaschine ihren größten Effect hervorbringen können, so muß auch der Kessel derselben regelmäßig die größte Quantität Dampf erzeugen können; mithin muß das Feuer gut unterhalten werden; denn wenn diese Bedingung nicht erfüllt wird, so kann auch der dynamometrische oder größte Effect der Maschine durch das Probiren derselben nicht ermittelt werden. Wenn das Feuer unter dem Kessel sehr stark ist, so strebt die Maschine mit ihrer Last eine größere Geschwindigkeit anzunehmen, als die, womit sie gewöhnlich arbeiten soll, und man muß daher die Oeffnung des Zulassungsventiles gehörig verkleinern, damit nur so viel Dampf in den Cylinder überströme, als zu der beabsichtigten Geschwindigkeit erforderlich ist, indem man nicht die Stärke des Feuers vermindert, sondern den überschüssigen Dampf durch das Sicherheitsventil entweichen läßt. Auf diese Weise lernt man die größte Verdampfung der Maschine kennen, welche man bei der Berechnung ihres dynamometrischen Effectes zum Grunde legen muß, wie wir sogleich zeigen werden. Jedenfalls muß die Verdampfung der Maschine immer eine hinreichend lange Zeit beobachtet werden, damit bei der Bestimmung derselben kein Fehler Statt finden könne.

Richtige Berechnung der Expansions-maschinen.

Die vorhergehenden Rechnungen beziehen sich auf Dampfmaschinen ohne Expansion des Dampfes, und wenn wir jetzt zu den Expansionsmaschinen übergehen, so werden wir sehen, daß die vorhergehenden Formeln nur geringe Modificationen erleiden.

Zur Lösung unserer Aufgabe wollen wir die frühern Betrachtungen kurz wiederholen, indem wir sie aber jetzt auf den Fall einer Expansionsmaschine anwenden.

Wenn l' den Theil des Kolbenlaufes bezeichnet, während dessen Durchlaufen der Dampf in den Cylinder überströmt, indem l wieder den ganzen Kolbenlauf bezeichnet, und die übrigen frühern Bezeichnungen ebenfalls beibehalten werden: so sieht man leicht ein, daß das Volumen des im Kessel unter dem Drucke P in der Minute gebildeten Dampfes durch

$$q\,S$$

ausgedrückt wird, und wenn dieser Dampf bei dem unbekannten Drucke ϖ in den Cylinder übertritt, so wird sein Volumen gleich

$$q\,S\,\frac{P}{\varpi}.$$

Da der Theil des innern Rauminhaltes des Cylinders, welcher sich bei jedem Kolbenlaufe mit Dampf füllt, $= a\,l'$ ist, so giebt das vorhergehende Dampfvolumen für die Minute eine Anzahl von Kolbenzügen, welche ausgedrückt wird durch

$$\frac{q\,S\,P}{a\,l'\,\varpi}.$$

Da aber v die in der Minute von dem Kolben

durchlaufene Länge und l die Länge eines Kolbenlaufes bezeichnet, so wird die Anzahl Kolbenzüge in der Minute auch ausgedrückt durch $\frac{v}{l'}$ und wenn man diese beiden Ausdrücke für die Anzahl der in der Minute Statt findenden Kolbenzüge einander gleich setzt, so erhält man die Gleichung:

$$\frac{v}{l} = \frac{q\,SP}{a\,l'\,\bar{\omega}'}$$

welche den Druck $\bar{\omega}$ des Dampfes in den Cylinder während der Zulassung oder vor der Expansion giebt, nämlich:

$$\bar{\omega} = \frac{l}{l'} \cdot \frac{q\,SP}{a\,v}.$$

Da wir auf diese Weise die Spannung des Dampfes im Cylinder vor seiner Expansion oder während er die Länge l' des Cylinders einnimmt, kennen, und da wir außerdem wissen, daß sich der Dampf von diesem Puncte an successive auf die ganze Länge l des Cylinders ausdehnt, indem seine Spannung in demselben Verhältnisse abnimmt, in welchem sein Volumen zunimmt: so läßt sich daraus der mittlere Druck des Dampfes für den ganzen Kolbenlauf ableiten. Wenn der Druck $\bar{\omega}$ bekannt wäre, so könnte man den mittlern Druck des Dampfes leicht bestimmen, indem man z. B. den Kolbenlauf in 10 oder 20 Theile theilte, dann die Spannung des Dampfes für jeden dieser Theilungspuncte bestimmte und aus allen erhaltenen Resultaten das arithmetische Mittel nähme. Allein dieser mittlere Druck $\bar{\omega}'$ läßt sich unmittelbar berechnen, wenn der Druck $\bar{\omega}$ bekannt ist, und zwar nach der in Pambour's „Theorie der Dampfmaschinen" abgeleiteten sehr einfachen Formel:

$$\bar{\omega} = \frac{l'}{l}\,\bar{\omega}\,(1 + e),$$

worin der Buchstabe e einen Werth hat, welchen wir später kennen lernen werden. Wenn wir nun in dieser letzten Gleichung für $\bar{\omega}$ seinen obigen Ausdruck setzen, so erhalten wir für den mittlern Druck des Dampfes in dem Cylinder einer Expansionsmaschine den Ausdruck:

$$\bar{\omega}' = \frac{qSP}{a\nu}\,(1 + e).$$

Da aber der Effect des Dampfes immer erhalten wird, wenn man den mittlern Druck, welchen derselbe auf die Kolbenfläche ausübt, mit dem von dieser Kolbenfläche beschriebenen Wege multiplicirt, so erhält man für den Totaleffect des Dampfes:

$$a\bar{\omega}\nu = qSP\,(1 + e),$$

und wenn man hiervon die Arbeit oder Leistung $a\,p\,\nu$ des nicht condensirten und auf die entgegengesetzte Kolbenfläche wirkenden Dampfes abzieht, so erhält man für den Bruttoeffect der Maschine bei der Geschwindigkeit ν den Ausdruck:

$$qSP\,(1 + e) - ap\nu.$$

Aus dieser Formel erhellet, daß die Maschine wieder ihren größten Effect hervorbringt, wenn der Dampf bei seinem Eintritte in den Cylinder dieselbe Spannkraft hat, wie im Kessel, und zwar nicht, weil es vortheilhafter ist, daß der Dampf in dem Cylinder die möglichst größte Spannung haben muß, sondern bloß, weil alsdann die Geschwindigkeit ν am Kleinsten ist, und folglich das negative Glied $a\,p\,\nu$ seinen kleinsten Werth hat. Nun haben wir aber gesehen, daß in diesem Falle, wenn sich bei jedem Kolbenzuge der ganze Cylinder mit Dampf füllte, die Geschwin-

digkeit des Kolbens $= \frac{qS}{a}$ wäre. Aber bei einer Expansionsmaschine wird nur ein Theil l' des Cylinders bei jedem Kolbenzuge mit Dampf aus dem Kessel gefüllt, und folglich wird die Geschwindigkeit v', welche der Kolben haben muß, wenn aller Dampf bei dem Drucke im Kessel consumirt werden soll, ausgedrückt durch:

$$v' = \frac{l}{l'} \cdot \frac{qS}{a}.$$

Setzt man nun diesen Werth statt v in den Ausdruck des Bruttoeffectes der Maschine, so erhält man für ihren noch nicht in Pferdekräften angegebenen größten oder dynamometrischen Bruttoeffect den Ausdruck:

$$qSP\,(1 + e) - qSP\,\frac{l}{v}. \quad (5)$$

Endlich erhält man den Nutzeffect der Maschine, wenn man von den vorhergehenden Ausdrücken, die durch die Reibung der Maschine absorbirte Arbeit, welche in dem allgemeinen Falle $= afv$ und in dem Falle des größten Effectes der Maschine $= \frac{l}{l'}\,qSf$ ist, abzieht. Man hat also endlich für den Nutzeffect der Maschine bei einer beliebigen Geschwindigkeit den Ausdruck:

$$qSP\,(1 + e) - av\,(p + f),$$

und für den größten oder dynamometrischen Nutzeffect der Maschine den Ausdruck:

$$qSP\,(1 + e) - qS\,(p + f)\,\frac{l}{l'}, \quad (6)$$

wo beide Effecte aber noch nicht in Pferdekräften ausgedrückt sind.

Aus diesen beiden letzten Formeln sieht daß sie sich von denen für Dampfmaschinen Expansion nur dadurch unterscheiden, daß im Gliede der Factor $(1 + e)$ und im zweiten der Factor $\frac{l}{l'}$ hinzugekommen ist, und auß ist einleuchtend, daß die Größe S wieder wie die größte wirksame Verdampfung des Kessels drückt.

Wir haben nun noch den Werth des Buch e, welchen wir, der Kürze wegen, in die vorher den Formeln eingeführt haben, anzugeben. Au in Pambour's „Theorie der Dampfma nen" angestellten Rechnungen folgt aber, da Buchstabe e den hyperbolischen Logarithmus de $\frac{l}{l'}$ oder den gewöhnlichen Logarithmus derselben dem Factor 2,303 multiplicirten Zahl ausdrückt. hat folglich:

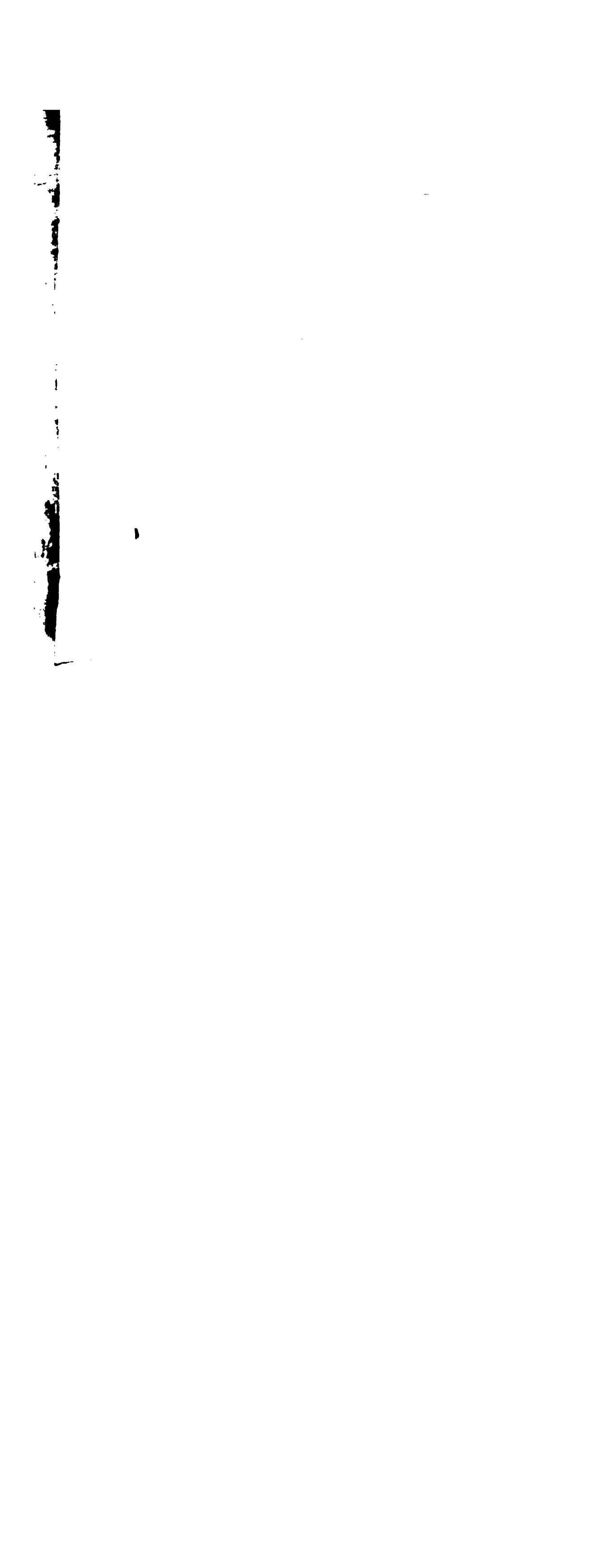
$$e = 2{,}303 \log. \frac{l}{l'}.$$

Um also die Zahl e zu erhalten, wenn die pansion, d. h. die ganze Länge l des Kolbenla und der Theil l' desselben, welchen der Kolben der Absperrung des Dampfes durchläuft, bekann muß man in den gewöhnlichen Logarithmentafeln Logarithmus der Zahl $\frac{l}{l'}$ nehmen und denselben dem Factor 2,303 multipliciren. Wenn z. B. Dampf in der Mitte des Kolbenlaufes abgesp wird, so daß $\frac{l}{l'} = 2$, folglich $\log. \frac{l}{l'} = 0,$ ist, so ist $e = 0{,}69$.

Wir werden übrigens zur Erleichterung der Berechnung des Effectes der Expansionsmaschinen am Ende dieses Artikels eine Tafel mittheilen, welche das gesuchte Resultat unmittelbar giebt. Wenn $\bar{\omega}$ die bekannte Eintrittsspannung des Dampfes in den Cylinder bezeichnet, so wird die mittlere Spannung desselben in dem Cylinder nach dem Vorhergehenden ausgedrückt durch

$$\bar{\omega} = \frac{l}{l'} (1 + e) \bar{\omega},$$

und wir haben in der erwähnten Tafel den Werth des Coefficienten $\frac{l}{l'} (1 + e)$ für jeden Fall angegeben. Man braucht folglich nur den Druck des Dampfes im Kessel durch den Zahlenwerth dieses Coefficienten zu multipliren, um sofort den mittlern Druck des Dampfes im Cylinder zu erhalten, und für die nicht in der Tafel vorkommenden Fälle braucht man nur das Mittel zwischen den beiden benachbarten Werthen zu nehmen.

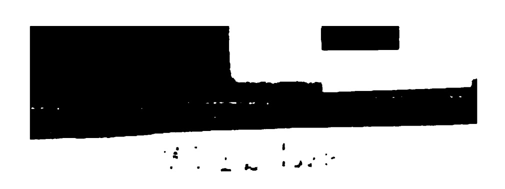
















MAR 12 1929

